



А. А. Каменский

ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА: ПРОСТО О СЛОЖНОМ

*Материалы для подготовки
к единому государственному экзамену
и вступительным экзаменам в вузы*

 **Д р о ф а**
МОСКВА • 2007

УДК 373.167.1:611
ББК 28.7я72
К18

Серия основана в 2007 году

Каменский, А. А.

К18 Организм человека: просто о сложном : Материалы для подготовки к единому государственному экзамену и вступительным экзаменам в вузы : учеб. пособие / А. А. Каменский. — М. : Дрофа, 2007. — 267, [5] с. : ил., 16 л. цв. вкл. — (Выпускной/вступительный экзамен).

ISBN 978-5-358-00863-2

В книге в доступной форме излагаются современные сведения об анатомии и физиологии человека, дано представление о происхождении вида *Homo sapiens*.

Пособие предназначено школьникам, которым предстоит сдавать различные формы экзаменов, а также абитуриентам биологических, медицинских, психологических и экологических факультетов вузов.

Книга может помочь студентам лучше усвоить сложный материал ряда биологических курсов высшей школы.

**УДК 373.167.1:611
ББК 28.7я72**

ISBN 978-5-358-00863-2

© 000 «Дрофа», 2007

Для кого написана эта книга? Для всех, кому интересно, как устроен и работает его организм.

Человеческий организм — потрясающее чудо природы. Работая с огромной точностью, он осуществляет сотни тысяч химических реакций, строго их координируя. Не прекращая ни на секунду своей работы, организм одновременно самовосстанавливается, заменяя «на ходу» износившиеся элементы своей конструкции. Каждая клетка нашего тела по своей сложности многократно превосходит любой механизм, придуманный и созданный человеком. А ведь в нашем теле — многие миллиарды разнообразных, согласованно работающих клеток.

Исследовать живой организм нелегко: его нельзя повреждать, чтобы понять, как он работает. И несмотря на усилия биологов и медиков, мы до сих пор очень мало знаем о том, как устроено и работает человеческое тело. Наверное, мы гораздо лучше понимаем законы, управляющие движением планет, комет и черных дыр в далеком Космосе, чем закономерности функционирования собственных органов и систем.

Работая над книгой, автор пытался рассказать об анатомии и физиологии человеческого организма как можно проще, избегая химических и физических формул, многочисленных терминов. Тем не менее объем информации, представленный в книге, превышает объем, необходимый абитуриенту, сдающему конкурсные экзамены по биологии в любое высшее учебное заведение. Уровень преподавания анатомии и физиологии человека во многих вузах позволяет также использовать материалы издания для подготовки к сдаче экзаменов студентами различных специальностей.

Немало абитуриентов предпочитают короткие готовые шпаргалки. Эта книга не для них. Она предназначена тем, кому действительно интересно знать побольше о своем организме.

Наша память, как известно, хорошо впитывает и выдает «на-гора» только те сведения, которые вызывают удивление, интерес, т. е. будят в нас какие-либо эмоции. Учитывая это, автор старался скомпоновать сведения таким образом, чтобы серьезный и, возможно, несколько сложный для понимания материал перемежался примерами, интересными исключениями из правил, удивительными фактами.

Интерес к собственному организму может быть вызван не только одним любопытством. Есть и более прозаические причины. Ведь анатомия и физиология человека — основа медицины. Поэтому в конце каждой главы очень кратко изложены сведения о наиболее распространенных болезнях, поражающих ту или иную систему органов человека. Естественно, лечиться по этой книге, как и по любой другой, нельзя, но узнать причины того или иного недуга, способы защиты от него будет интересно и полезно каждому.

Можно было бы назвать эту книгу так: «То, что ты хотел узнать про свой организм, но не знал, у кого спросить». Понятно, что название это слишком длинное, но в нем отражена суть того, что автор пытался донести до читателя.

1

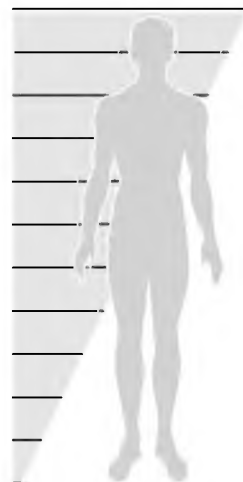
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

1.1

КАК РАЗВИВАЛИСЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЧЕЛОВЕКА

С самых древних времен людей занимает вопрос о том, когда и как появился человек. И до сих пор на этот вопрос трудно дать короткий однозначный ответ. Очевидно, что человек относится к животным класса Млекопитающие, ведь у него есть все признаки, свойственные представителям этого класса. Не вызывает сомнений и сходство человека с обезьянами. Средневековый монах Козьма Индикоплов с нескрываемой брезгливостью писал: «О! Сколь схож видом на человека зверь гнусный — обезьяна!» Ну что поделать, схож... Многолетние исследования ученых различных биологических специальностей позволили точно определить место человека в современной естественнонаучной классификации живых существ.

Надцарство.....	Эукариоты
Царство	Животные
Тип	Хордовые
Подтип	Позвоночные
Класс	Млекопитающие
Подкласс	Плацентарные млекопитающие
Отряд	Приматы
Насемейство	Гоминоиды, или Человекообразные обезьяны
Семейство	Гоминиды, или Люди
Род	Гомо, или Человек
Вид	Человек разумный



Так что с позиций классификации живого люди относятся к одному надсемейству с гibbonами, гориллами, орангутангами и шимпанзе. Но для того, чтобы прийти к такому выводу, потребовались столетия усилий многих ученых. Причем против родства человека и обезьяны выступала не только религия, постулировавшая сотворение человека Богом — по его, Божьему, образу и подобию. Подавляющему числу людей мысль об их происхождении от животных была инстинктивно неприятна. Уж очень человек себя любит, ценит и ставит выше любых других живых существ. А тут в родню набиваются какие-то волосатые, хвостатые, лазающие по деревьям...

Тем не менее факты — упрямая вещь, и, по мысли великого ученого античной древности Аристотеля, человек венчает собой ряд животных, а между животными и человеком Аристотель расположил обезьян. Замечательный биолог Карл Линней, живший в 18 в. в Швеции, первым включил человека в систему царства животных, отнеся его к классу Млекопитающие, отряду Приматы вместе с обезьянами Старого и Нового Света. Первая естественнонаучная теория происхождения человека была создана Жаном Батистом Ламарком, изложившим ее в своем труде «Философия зоологии» (1802). По Ламарку, человек произошел от одной из форм древних обезьян, похожих на современных шимпанзе. Согласно Ламарку, эволюционные изменения в организме происходят из-за того, что одни органы упражняются и совершенствуются, а другие — становятся ненужными, а потому мало используются и постепенно исчезают. Так вот, по Ламарку, предки человека жили в Африке в период похолодания, приведшего к уменьшению площади лесов. Пришлось им жить на земле. При этом ноги стали упражняться в ходьбе, утратив свою хватательную функцию, а руки хоть и укоротились, но зато стали лучше управляться с орудиями.

Детально разработанная теория происхождения человека от общих с обезьянами предков принадлежит Чарлзу Дарвину (1809—1882). В своей книге «Происхождение человека и половой отбор» (1871) он привел примеры признаков, свойственных и человеку, и другим животным. Дарвин полагал, что люди произошли от ископаемой человекообразной обезьяны, а главной движущей силой эволюции предков человека был естественный отбор. Материал же для отбора поставляла наследственная изменчивость. Правда, по Дарвину, постепенное исчезновение хвоста и развитие голосового аппарата, приведшее к появлению членораздельной речи, было следствием постоянных упражнений, результаты которых передавались от предков к потомству. И действительно, при жизни на деревьях хвостом можно цепляться за ветки, балансировать, а вот при наземном образе жизни хвост особенно упражнять негде и нечем. Проблему происхождения человека Ч. Дарвин рассматривал как биолог, доказывая принципиальное сходство человека с другими животными, а роль труда и социальных факторов в этом процессе он практически не затрагивал. Великое значение труда в процессе возникновения человека было раскрыто Фрид-

рихом Энгельсом. Его книга «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» вышла в свет в 1876 г. Энгельс объяснял происхождение человека прежде всего как существа, изготавливающего орудия и с их помощью трудящегося. Именно общение в процессе охоты, труда, совместной защиты от врагов привело к появлению членораздельной речи.

1.2

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА РОДСТВА ЧЕЛОВЕКА С ДРУГИМИ ЖИВОТНЫМИ

Сравнение эмбрионов человека и других животных, относящихся к позвоночным, ясно показывает, что все позвоночные имеют общих предков (рис. 1.1).

Но, как уже говорилось, человек относится к плацентарным млекопитающим и обладает всеми **п р и з н а к а м и ж и в о т н ы х**, относящихся к этому подклассу. Это позвоночник, в шейном отделе которого семь позвонков; две пары конечностей; замкнутая кровеносная система с левой дугой аорты и четырехкамерным сердцем; диафрагма, делящая полость тела на грудную и брюшную; волосяной покров; зубы четырех классов (резцы, клыки, малые коренные, большие коренные); три слуховые косточки в среднем ухе; ушная раковина; внутриутробное развитие; молочные железы.

Самое большое сходство обнаруживается между человеком и представителями отряда приматов, что вполне понятно. Ведь человек к этому отряду и относится.

Каковы признаки человека, роднящие его с приматами?

Это верхняя конечность хватательного типа с пятью пальцами, причем большой палец противопоставлен остальным четырем. Ногти на последних фалангах пальцев. Наличие в скелете ключицы (а у парнокопытных, непарнокопытных, хищных млекопитающих ключицы отсутствуют). Всеядность. Способность к размножению в течение всего года. Хорошее развитие органов зрения и слуха. Большой объем мозга. Родство между современными обезьянами и людьми можно проследить и по другим особенностям строения тела. Например, по массе тела и длине конечностей к человеку ближе всего шимпанзе, по росту — горилла, шимпанзе и орангутан, по форме бедренных костей — гиббон, по строению таза и стоп — горилла. Антропологи подсчитали, что у человека и гориллы можно насчитать 385 сходных признаков в строении тела, у человека и шимпанзе — 369, у человека и орангутана — 357, у человека и гиббона — 115.

О родстве человека и других приматов свидетельствуют также рудименты и атавизмы. *Рудименты* — это органы, которые утратили свое значение в хо-

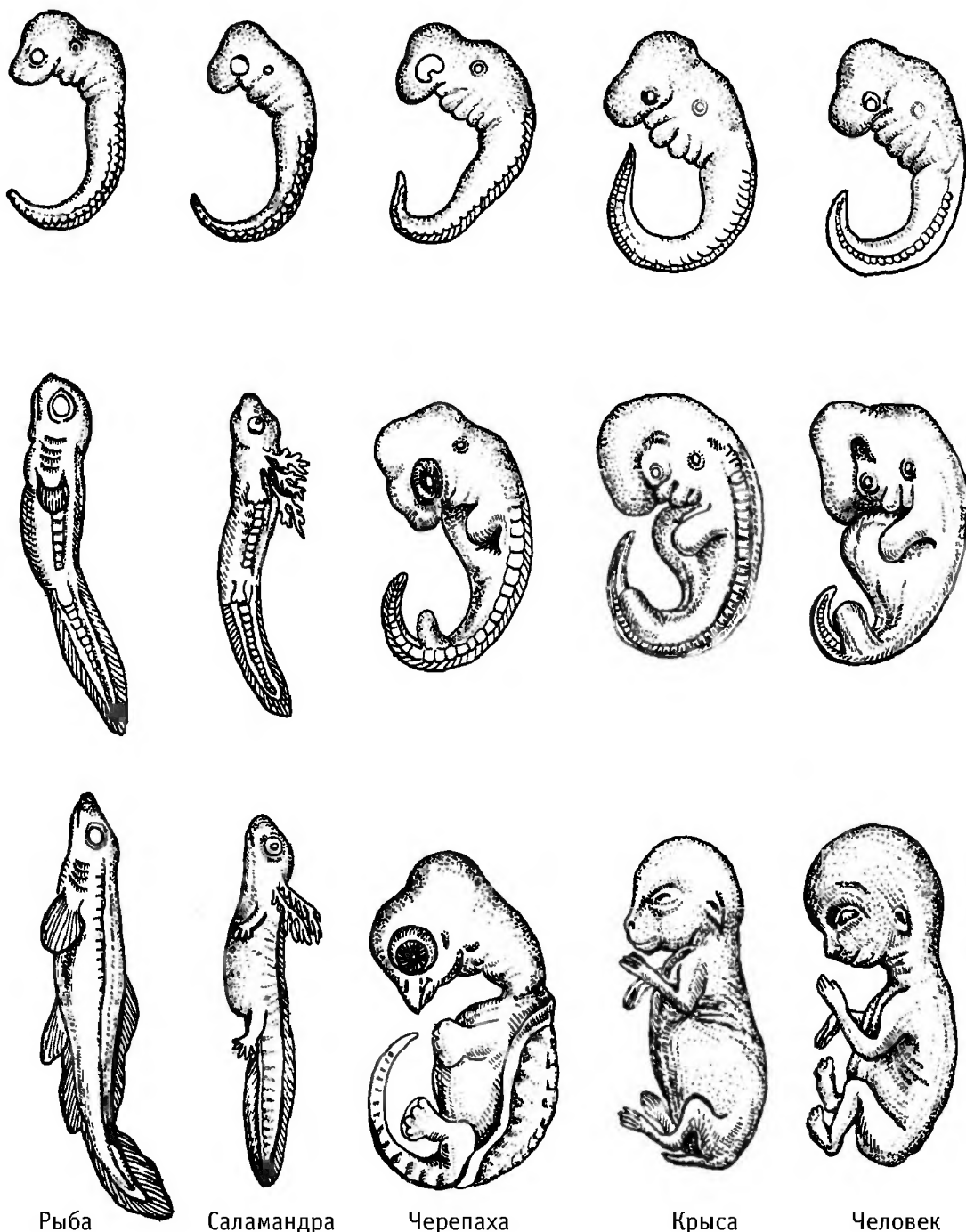


Рис. 1.1. Сходство начальных стадий эмбрионального развития позвоночных

де эволюционного процесса и находятся на стадии исчезновения. У человека насчитывают около 70 рудиментов. Вот некоторые из них: остатки волосяного покрова, копчиковые (хвостовые) позвонки, мышцы ушной раковины, мимические мышцы, остатки мигательной перепонки в углу глаза, 12-я пара ребер, бугорок на ушной раковине (рис. 1.2). Остались у человека и «поведенческие рудименты», например новорожденный ребенок бессознательно захватывает пальчиками все, что попадает ему в руки. Это так называемый

рефлекс Робинсона. И для обезьяньих детенышей он жизненно необходим, для того чтобы удерживаться за шерсть носящейся по деревьям матери.

Атавизм — это возврат к признакам предков. Ведь большинство из тех признаков, которые были у наших предков, а у нас не проявляются, утеряны не безвозвратно. Гены, кодирующие данные признаки, не исчезли, они просто «не работают». И вот неожиданно рождаются дети с хвостиком, или двумя рядами сосков на груди и животе, или с телом, полностью покрытым волосатым покровом (рис. 1.3). Это означает, что соответствующие гены «запустили» появление признака, который когда-то был обычным у всех наших далеких предков. Надо сказать, что рудиментарный хвостик встречается не так уж редко — один случай на сто младенцев. Но этот хвостик очень мал, и, если он все-таки мешает, его вполне можно удалить. Ведь до хвостового отдела позвоночника спинной мозг не доходит.

Но бывают и более неприятные атавизмы. Например, в относительно замкнутой популяции людей, живущих в горных районах Трансильвании (Румыния, Венгрия), распространено атавистическое развитие клыков, что приводит к появлению в губах особых «ножен» для этих зубов. Отсюда и родились знаменитые легенды о трансильванских оборотнях — вампирах и, в частности, о воеводе Дракуле.

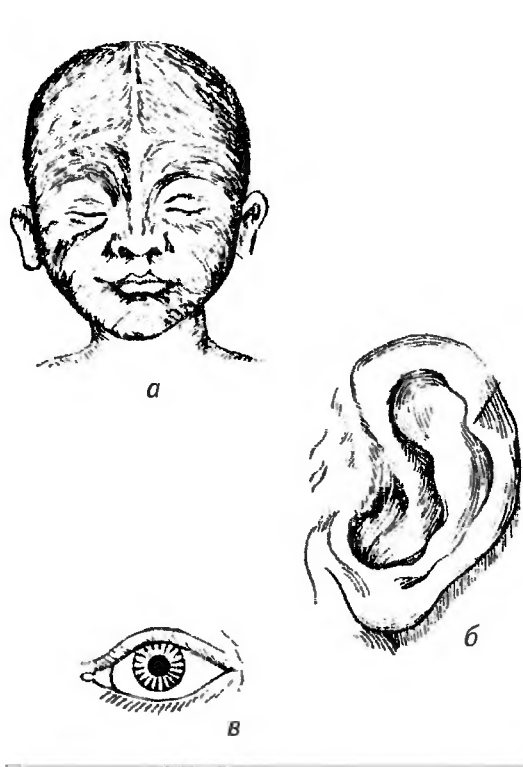


Рис. 1.2. Рудименты человека:

а — волосной покров на голове пяти-месячного эмбриона; *б* — ушная раковина с бугорком; *в* — глаз с полулунной складкой

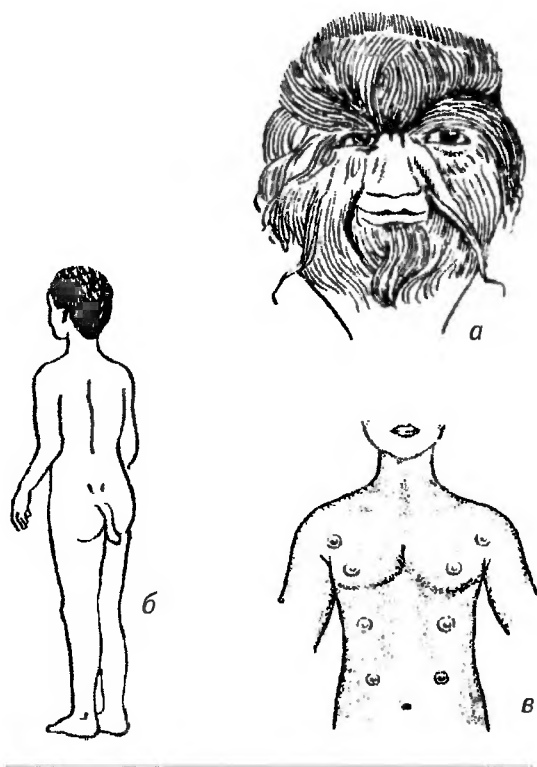


Рис. 1.3. Атавизмы человека:

а — сплошной волосной покров; *б* — хвост; *в* — многососковость

Иногда атавизмы могут быть опасными для здоровья и жизни их обладателя. Например, при незаращении шва между верхними челюстями образуется «волчья пасть» — щель между ротовой и носовой полостями. Изредка у ребенка сохраняется шейная фистула, возникающая из-за незаращения второй жаберной щели зародыша. Такие тяжелые и опасные патологии необходимо исправлять методами пластической хирургии.

Сходство между человеком и другими животными не ограничивается внешним сходством и сходством внутреннего строения взрослых особей.

Сравнение развития эмбрионов человека и обезьяны показывает, что их *онтогенез* (индивидуальное развитие) очень схож. И признаки, характерные только для человека, проявляются уже довольно поздно, незадолго до рождения младенца.

В последние десятилетия к решению вопроса о том, кто же является ближайшим родственником человека, подключились биологи, владеющие биохимическими и молекулярно-генетическими методиками. Оказалось, что близко число хромосом в клетках человека и человекообразных обезьян.

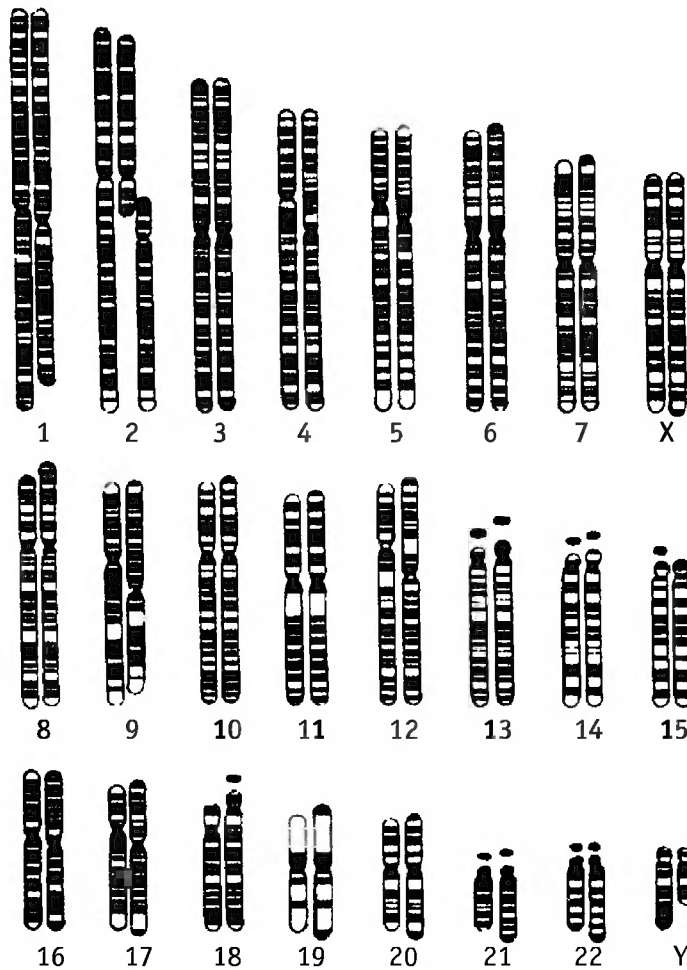


Рис. 1.4. Сравнение строения хромосом человека (в каждой паре — *слева*) и шимпанзе (в каждой паре — *справа*)

У человека диплоидный набор хромосом равен 46, а у этих обезьян — 48. Методом дифференциальной окраски хромосом удалось показать, что хромосома 2 человека представляет собой продукт слияния (*транслокации*) двух хромосом шимпанзе, а все хромосомы человека и шимпанзе имеют почти идентичное строение (рис. 1.4). Но если сходны хромосомы человека и шимпанзе, то должен быть близок и аминокислотный состав белков. Так оно и оказалось. Анализ целого ряда белков продемонстрировал, что в среднем эти белки у человека и обезьяны по составу аминокислот отличаются всего на 1%. А многие белки шимпанзе, в частности гормон роста, идентичны белкам человека. Мало того, состав крови человека и человекообразных обезьян очень близок, у всех этих обезьян отмечены те же четыре группы крови, содержащие антигены А и В. А кровь карликового шимпанзе — бонобо — вообще идентична крови человека. Еще Ч. Дарвин обратил внимание на то, что человек и обезьяны страдают одними и теми же заболеваниями. Например, шимпанзе был экспериментально заражен сифилисом и брюшным тифом. Очень возможно, что первые случаи заражения вирусом иммунодефицита произошли при контактах между человеком и африканскими обезьянами. Впрочем, по другой теории, СПИД давно уже «подружился» с людьми и им страдали еще древние египтяне.

Что же получается? Человек вообще ничем не отличается от других узконосых обезьян? Конечно, это не так.

1.3

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В строении человеческого организма есть свои особенности, не свойственные человекообразным обезьянам. И вызваны эти особенности, главным образом, п р я м о х о ж д е н и е м. На рис. 1.5 приведены некоторые различия в строении скелета человека и гориллы. Когда предки человека спустились с деревьев на землю, у них уменьшилась длина рук по сравнению с длиной ног; укрепился скелет и возросла мощность мышц ног; уменьшилась подвижность большого пальца стопы, а остальные пальцы стопы укоротились: появились изгибы позвоночника и сводчатая стопа.

При жизни на земле руки были больше не нужны для передвижения и освободились для трудовой деятельности. При этом возросла подвижность и мощность мышц большого пальца руки; увеличилась свобода движений остальных пальцев; предплечье получило возможность совершать значительные круговые движения.

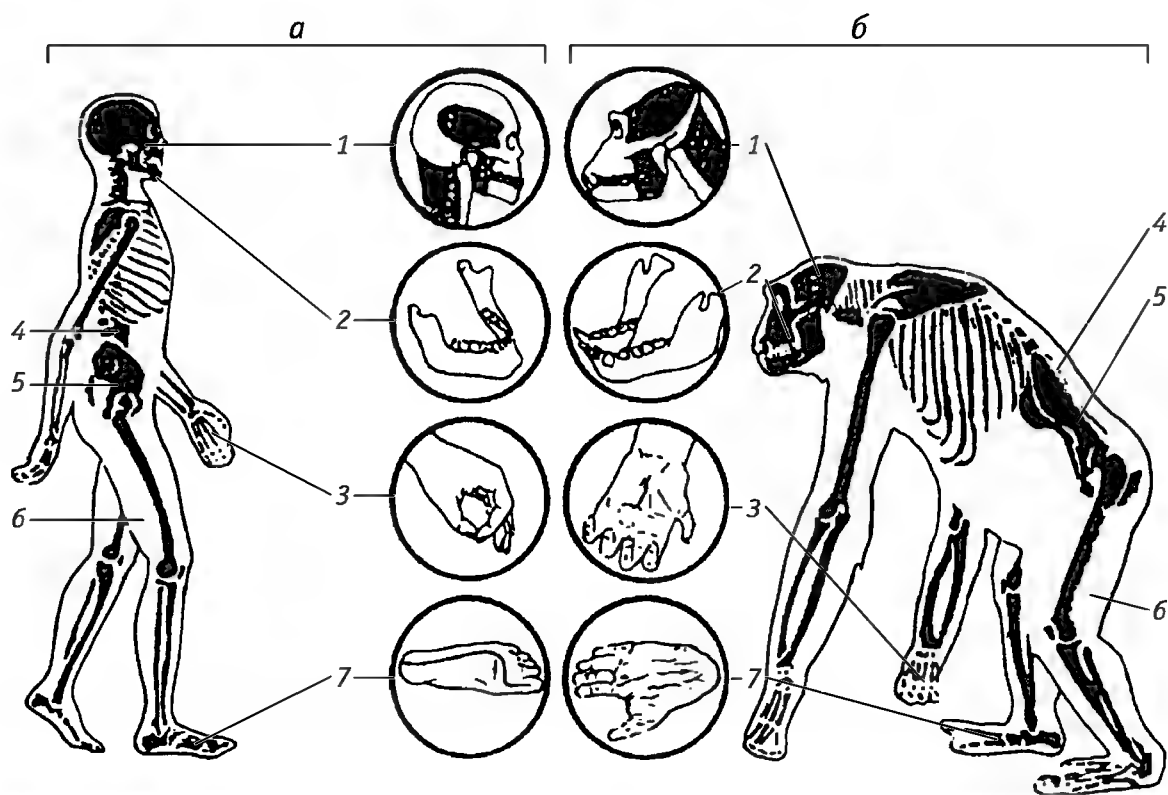


Рис. 1.5. Сравнение анатомических особенностей человека (а) и гориллы (б):

а: 1 — череп с короткой лицевой частью и большой округлой мозговой коробкой, вертикально сбалансированный на позвоночнике; 2 — небольшие челюсти: маленькие зубы, покрытые толстым слоем эмали, коренные зубы с низкой коронкой, зубная дуга в форме параболы; 3 — длинные пальцы руки, позволяющие точно захватывать мелкие предметы; 4 — короткая поясница; 5 — широкий короткий таз; 6 — ноги длиннее рук; 7 — большой палец ноги, расположенный параллельно прочим пальцам и помогающий переносить вес тела при ходьбе;

б: 1 — череп с выступающей вперед удлинённой лицевой частью, расположенный спереди от спинного хребта и имеющий костный гребень; 2 — массивные челюсти с большими клыками, крупными коренными зубами, имеющими высокие коронки и тонкий слой эмали с зубными дугами U-образной формы; 3 — короткий большой палец и длинные прочие пальцы рук; 4 — поясница, более короткая, чем у человека; 5 — удлинённый таз; 6 — ноги короче рук; 7 — отставленный в сторону большой палец ступни, приспособленный для хватания

Сначала наши предки пользовались «подсобными» орудиями — палками, камнями. И это уже давало им огромные преимущества при обороне от хищников и добыче пищи. Затем они научились использовать огонь и изготавливать орудия труда. Благодаря этому наши предки стали обильнее питаться, использовать жареную пищу, которая лучше усваивается в желудочно-кишечном тракте. Прожевывать жареное мясо и печеные растительные продукты, естественно, легче, чем сырые. Изменение пищевого рациона привело к ослаблению челюстного аппарата, уменьшению лицевой части черепа. Мозговой отдел, напротив, возрос и объем мозга постоянно увеличивался.

Особенно быстро развивались те отделы центральной нервной системы, которые управляют тонкими движениями кисти.

Жизнь в стае требовала постоянного общения между сородичами. Охота на крупного зверя, оборона от врагов, борьба с последствиями природных катаклизмов — все это приводило к необходимости передавать друг другу все более сложную и разнообразную информацию. Так появилась членораздельная речь — *вторая сигнальная система*.

Первая сигнальная система есть и у животных, и у человека. Ведь и животные, и человек способны, не употребляя слов, передавать особым своего вида сигналы тревоги, агрессии, доброжелательности и т. п. Специалисты кафедры физиологии высшей нервной деятельности МГУ им. М. В. Ломоносова насчитывают 10 категорий, к которым можно свести такие сигналы. Человек довольно часто пользуется первой сигнальной системой. Любой из нас слышал, как подростки передают содержание остросюжетного фильма, практически не пользуясь членораздельной речью, а употребляя звуки, передающие эмоции и действия героев фильма. Самое интересное, что они друг друга прекрасно понимают.

Гораздо правильнее и удобнее пользоваться второй сигнальной системой. Ведь приобретенная нашими далекими предками способность выразить любое самое сложное и отвлеченное понятие словами дала человеку колоссальное преимущество по сравнению с животными. Собака может только тревожно залаять, что означает, что она ощущает приближение опасности. Но какой и откуда? А человек может крикнуть: «Автомобиль справа!» И сразу все делается понятным. И. П. Павлов, разработавший учение о второй сигнальной системе, назвал ее «чрезвычайной прибавкой» для человека. И действительно, можно утверждать, что человек — это животное со второй сигнальной системой. Конечно, вторая сигнальная система развивалась постепенно, и словарный запас наших предков сначала был очень мал. Едва ли, сидя в пещере у костра, наши предки обсуждали красоту весенних закатов над африканской саванной, а вот позвать на помощь они могли. В процессе становления речи резко увеличился объем мозга. Особенно быстро развивались те области коры больших полушарий, которые связаны с речевой функцией (лобные, нижнетеменные, височные). Развивалась также и гортань, без чего невозможно раздельно произносить слова.

Данные антропологов позволяют выстроить следующую очередность становления человеческих качеств: прямохождение → формирование «трудовой» руки → развитие мозга → появление членораздельной речи. Эта очередность не означает, что сначала развился мозг, а потом уж появилось слово — все перечисленные процессы шли параллельно, но одни из них все-таки опережали другие.

Прямохождение и владение речью — великие эволюционные приобретения на пути становления современного человека. Но оказывается, что за

все приходится платить. У самок четвероногих животных родовое отверстие расположено позади места прикрепления задних конечностей. Это отверстие может быть достаточно широким, а расстояние между тазобедренными суставами остается небольшим. Благодаря этому можно рожать детенышей с довольно крупной головой и в то же время очень быстро бегать, не отставая от самцов. У женщин родовое отверстие направлено вниз и оказывается между направленными туда же ногами. Для того чтобы рожать умных детенышей с большой головой, нужно иметь широкое родовое отверстие таза, а для этого необходимо увеличить расстояние между тазобедренными суставами. Но широко расставленные ноги не очень-то удобны даже для ходьбы, не то что для быстрого бега. И хотя таз современных женщин шире, чем у их ископаемых предков, голова плода проходит через родовой канал с трудом, с несколькими поворотами. Кроме того, прямохождение привело к появлению у человека таких нарушений, как варикозное расширение ножных вен и плоскостопие, — у четвероногих такие болезни не развиваются. Членораздельная речь потребовала значительных изменений в строении полостей носа и рта, удлинения глотки (рис. 1 цв. вкл.), расположенной непосредственно над голосовыми связками. В результате только человек может задохнуться, подавившись пищей, так как удлиненная глотка является и преддверием пищевода; у зверей такой проблемы не существует.

1.4

ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДКОВ ЧЕЛОВЕКА

Итак, человек произошел от общих с современными обезьянами предков.

Как и когда появились самые первые, самые древние приматы?

По всей видимости, первые приматы появились в конце мелового периода мезозойской эры и их эволюция про-

исходила и происходит на протяжении всей кайнозойской эры, продолжительность которой составляет приблизительно 70 млн лет. Предками приматов были примитивные насекомоядные. Следовательно, нынешние землеройки и ежи — потомки наших предков и приходятся нам довольно близкой родней. Но в одно время с первыми приматами на Земле жили и грызуны, конкурировавшие с приматами за пищу и места обитания. Приматы перешли к жизни на деревьях и таким образом избавились от соперничества с предками современных крыс. Именно приспособленность к жизни на деревьях привела к формированию характерных особенностей приматов: пятипалой конечности, острого стереоскопического зрения, хорошо развитой ключицы,

большого и сложного мозга. На протяжении миллионов и миллионов лет наши предки жили на деревьях. А в ту эпоху большая часть суши была покрыта бескрайними лесами, климат был жарким и влажным.

В Египте сделан целый ряд находок фрагментов скелетов приматов возрастом от 40 до 25 млн лет. Среди этих приматов выделены предки современных низших обезьян — *парапитеки* и человекообразных обезьян — *египтопитеки*. Парапитеки жили на деревьях и передвигались прыжками. Египтопитек — общий предок человекообразных обезьян и человека — был невелик, лазал по деревьям, но мог и бегать на четвереньках. Питался он растительной пищей. От египтопитеков потянулась эволюционная веточка к *дриопитекам*, жившим в Восточной Африке 27—10 млн лет назад. Мозг дриопитека был меньше, чем у современных человекообразных обезьян, но больше, чем у современных низших обезьян. Дриопитеки жили на деревьях, но могли передвигаться и по земле, хотя прямохождение у них еще не возникло. Разные виды дриопитеков расселялись из Африки в Европу и Азию. Один из видов дриопитеков, видимо, стал предком современных гиббонов (рис. 1.6). А от африканских поздних дриопитеков, живших на территории современной Кении около 14 млн лет назад и названных *кениапитеками*, произошли *рамапитеки* — предки современных людей, шимпанзе и гориллы, а также *сивапитеки* — предки орангутанов. Рамапитеки жили в Европе и Азии 15—7 млн лет назад. От одних рамапитеков потянулся эволюционный ряд предков шимпанзе и гориллы, продолжавших сохранять древесный образ жизни со всеми вытекающими отсюда анатомическими особенностями

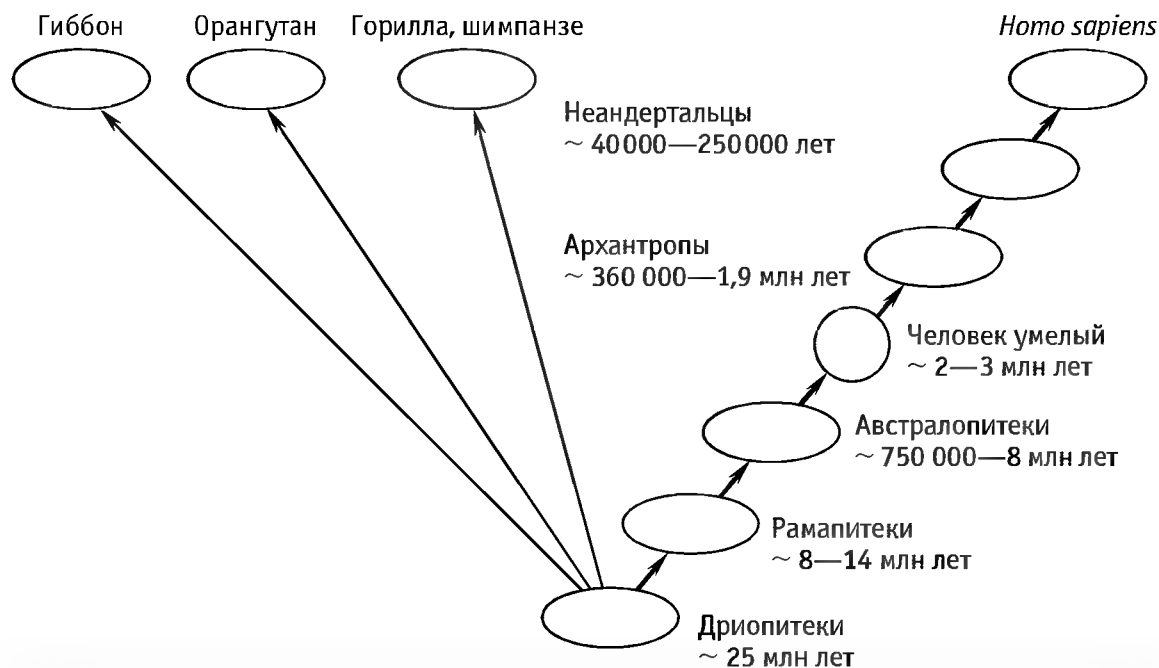


Рис. 1.6. Один из вариантов эволюции человека и человекообразных обезьян

их организма. Другие виды рамапитеков положили начало ветви *австралопитеков* — одной из первых стадий эволюции современного человека.

По данным анализа митохондриальной ДНК, расхождение африканских человекообразных обезьян и предков человека (австралопитеков) произошло около 8 млн лет назад. Африканские австралопитеки подразделялись на несколько видов и жили в промежутке 4—1 млн лет назад. Австралопитеки — промежуточное звено между человекообразными обезьянами и человеком. Они передвигались по земле на двух ногах, имели широкий таз для прикрепления ягодичных и спинных мышц, поддерживающих вертикальность туловища. Таким образом, австралопитеки были первыми нашими предками, овладевшими прямохождением (рис. 1.7).

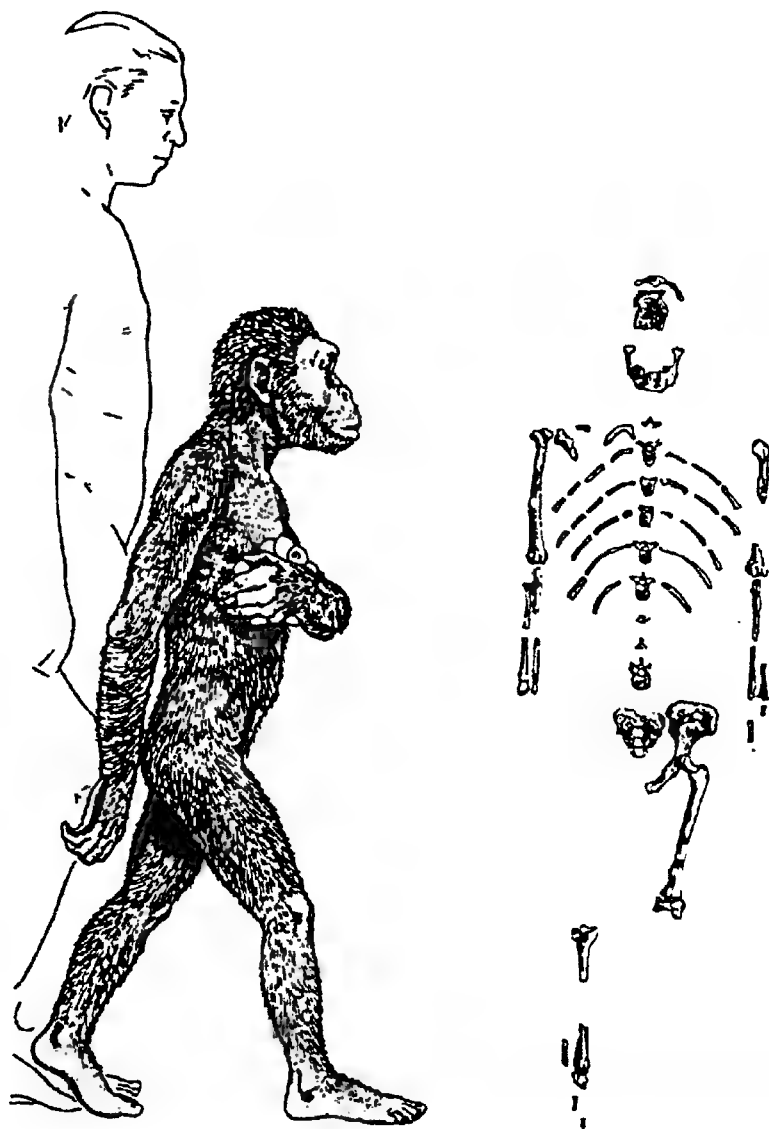


Рис. 1.7. Австралопитек Люси в сравнении с современным человеком;
справа — фрагменты ее скелета

Зачем нашим предкам
было спускаться на землю?

Дело, по-видимому, в том, что появление австралопитеков совпало со значительными изменениями климата:

в Африке стало гораздо прохладнее и суше. А изменения климата привели к замене тропических лесов на саванну, т. е. на степь и лесостепь. Так что теперь деревьев на всех приматов не хватало... Кому-то, и, наверное, вовсе не самым мощным и сильным, пришлось спускаться на землю. Но наши предки только выиграли от этого, пойдя, невольно конечно, по пути развития мозга. Мозг у австралопитеков был хоть и не очень большим (приблизительно 480—500 см³), но по относительным размерам превышал мозг других приматов. Одни из разновидностей австралопитеков были вегетарианцами, другие — всеядными. Питались они за счет собирательства и охоты. Пользуясь камнями, как метательным оружием, стадо австралопитеков могло и прогнать хищника от убитой добычи, воспользовавшись «чужими трудами», и выстоять в бою против любых врагов.

Первые окаменелые остатки австралопитека были найдены в Южной Африке врачом-анатомом Раймондом Дартом. Именно Дарт в 1925 г. опубликовал в «Nature» статью, в которой описал найденный череп под названием *Australopithecus africanus*, т. е. обезьяна из Южной Африки. Дарт сделал правильный вывод о том, что этот вид и был первым звеном цепи, которая привела от обезьян к человеку. Череп «дартовского» австралопитека принадлежал ребенку; нашли этот череп в шахте Тонг, где начальник шахты держал его на письменном столе, придавливая им бумаги. Потом уж череп попал к Дарту.

В 1974 г. американские антропологи, проводившие раскопки в Эфиопии, наткнулись на окаменевшие кости австралопитека. Когда разрозненные кости были собраны, оказалось возможным восстановить 40% скелета женщины, жившей около 3,5 млн лет назад. Рост ее составлял 107 см, вес — около 20 кг, возраст — приблизительно 20 лет. Судя по скелету, эта женщина передвигалась на двух ногах (см. рис. 1.7). Обрадованные находкой, антропологи устроили грандиозный праздник, и под звуки песни «Битлз» «Люси в алмазном небе» кто-то предложил дать ископаемой женщине имя Люси. С тех пор без описания скелета Люси не обходится ни один из трудов по антропогенезу (рис. 1.8).

В 1962 г. совсем недалеко от Эфиопии в Олдувайском ущелье в Танзании чета великих антропологов — Мэри и Льюис Лики — нашла часть скелета нашего древнего предка, которого одни исследователи считают разновидностью австралопитека, а другие относят к самостоятельной группе прачеловеческих существ. Древность этой находки — 1,9—1,6 млн лет. Был он совсем небольшим, чуть побольше Люси: рост 120 см, вес тела 50 кг, но с заметно бóльшим объемом мозга, чем у других австралопитеков, — 660 см³. Но самое главное — рядом с фрагментами скелета были найдены каменные орудия!



Рис. 1.8. Так ученые-антропологи представляют внешний облик Люси

Значит, этот предок человека умел изготавливать орудия труда. Назвали его *Homo habilis* — Человек умелый (рис. 2 цв. вкл.). Судя по строению челюстей, он был всеяден. Передвигался Человек умелый на двух ногах и тело его было выпрямленным. Возможно, он строил примитивные хижины или заслоны от ветра из веток. От этих хижин остались лишь каменные основания. Возможно, Человек умелый мог пользоваться огнем, так как в слоях с останками этих австралопитеков находят обожженные кости животных.

Homo habilis стал первым представителем рода *Homo*, т. е. того рода, к которому относятся и автор, и читатель этой книги. Производя хоть и простые, но все-таки орудия труда и овладев огнем, он получил ощутимые преимущества перед окружающими его животными, и численность «умелых людей» стала возрастать. Постепенно эти предки современных людей начали расселяться из Восточной Африки по всему африканскому матерiku, по Азии и Европе. Таким образом сформировались отдельные группы, живущие изолированно одна от другой в заметно отличающихся условиях (рис. 1.9). Эти-то группы поздних австралопитеков и дали начало предкам современного человека, которых антропологи называли *питекантропами* или *архантропами*.

Питекантропы занимают в эволюционном древе человека промежуточное положение между австралопитеками и современными людьми. Время существования питекантропов заключено в промежутке от 1,8 млн до 200 тыс. лет тому назад. Самые древние останки питекантропов найдены в Африке (Кения) — им 1,6—1,8 млн лет; с рубежа в 1 млн лет они распространены в Азии (о. Ява, Китай и Индия), а с 0,5 млн лет — в Европе (Франция, Германия). Питекантропы различных районов обитания и живущие в разное

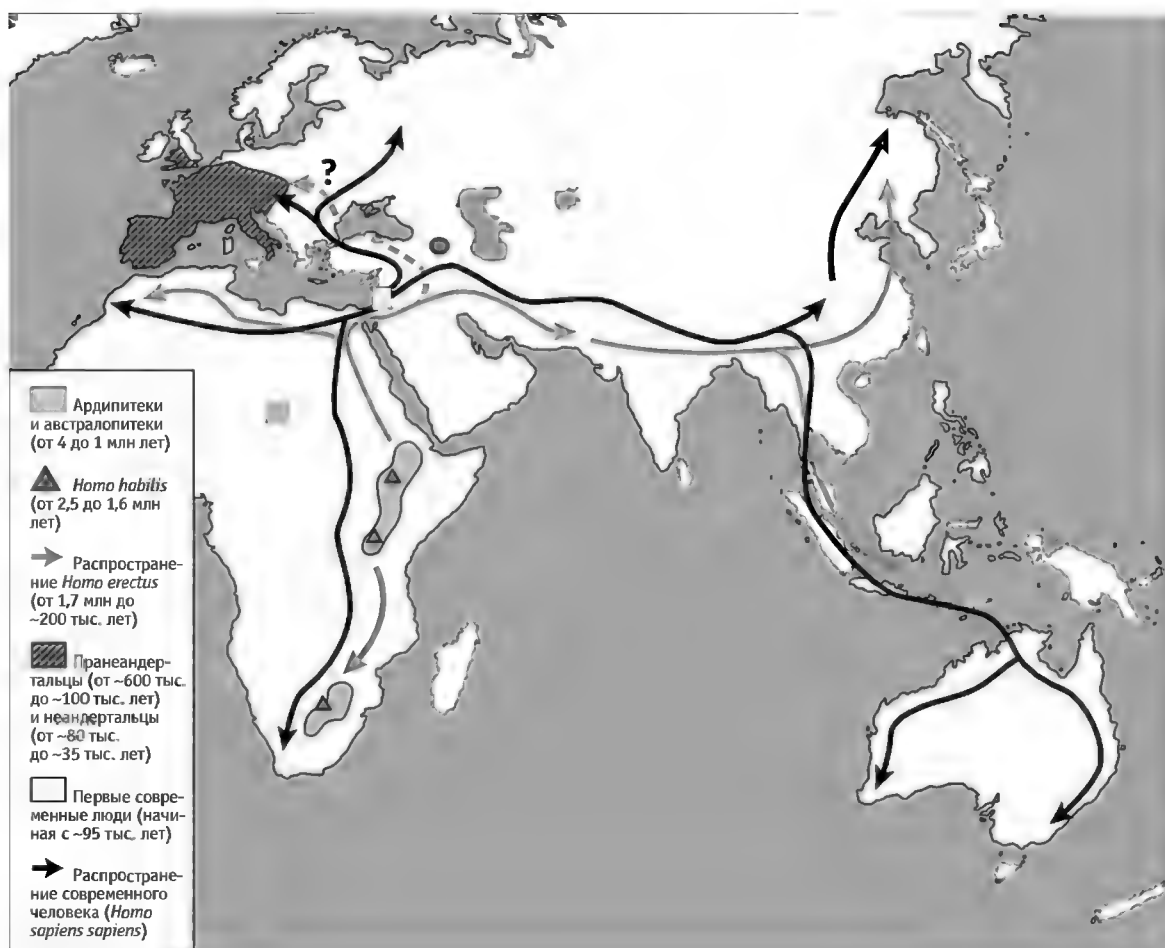


Рис. 1.9. Расселение предков человека по Земле

время довольно значительно отличались друг от друга, хотя все имели массивные стенки черепа, низкий покатый лоб, развитый надбровный валик. Судя по особенностям строения позвоночника и скелета задних конечностей, они прекрасно передвигались на двух ногах. Объем мозга питекантропов увеличился до 800—1000 см³, т. е. существенно приблизился к нижним границам объема мозга современного человека. Усложнилась и структура мозга, увеличился объем коры больших полушарий, особенно лобной и теменной областей. Видимо, это связано с появлением и развитием членораздельной речи. Ученые провели реконструкцию гортани питекантропов и пришли к выводу о том, что речевой аппарат этих наших предков позволял издавать все гласные звуки и отдельно произносить целый ряд слогов. Поздние питекантропы овладели высокой технологией обработки камней и изготовления из них орудий — главным образом рубил. Один конец рубила был заострен, рубило имело два продольных лезвия, а другой конец не был обработан — за него-то и держал это орудие в руке его обладатель. Что же можно было делать с помощью такого орудия труда? Можно было выкапывать корни, расчленять добычу, обрабатывать дерево и, наконец, использовать его

в борьбе с различными врагами. Питекантропы были не только собирателями. Скорее, они были охотниками и рыболовами, умели строить долговременные «базовые» стоянки, временные охотничьи лагеря. Жилища свои питекантропы могли устраивать в пещерах или строить на открытых местах, причем во всех жилищах находят остатки очагов. Расцвет в развитии этой группы наших предков, наблюдавшийся приблизительно 500 тыс. лет назад, сменился упадком и довольно быстрым их исчезновением.

Следующей стадией в процессе возникновения современного человека стали *неандертальцы*, или *палеоантропы*, что означает «древние люди». Обитали они в период от 300 тыс. до примерно 30 тыс. лет назад в Европе, Азии и Африке.

Первый череп неандертальца был найден еще в 1848 г. в Гибралтаре, но свое название они получили после того, как в 1856 г. ископаемые останки этих людей обнаружили в Германии в долине реки Неандер. Неандертальцы были небольшого роста, коренастые, с мощными костями. По-видимому, они обладали огромной физической силой. Их черепа еще очень походили на обезьяньи с большим надглазничным валиком, покатым лбом, отсутствием подбородочного выступа. Однако объем мозга у неандертальцев был практически таким, как у современного человека — 1400—1500 см³. По уровню развития неандертальцы настолько близки к людям современного типа, что их рассматривают как подвид Человека разумного (*Homo sapiens*), но подвид вымерший.

Неандертальцы жили в ту эпоху, когда на Земле наблюдалось похолодание — ледниковый период. Поэтому очень часто они обитали в пещерах, поддерживая огонь. У неандертальцев появилась одежда из звериных шкур. Они научились делать гораздо более совершенные орудия труда. Жили неандертальцы большими группами, достигавшими 100 человек. Молодые мужчины охотились, женщины и дети собирали растительную пищу, а старики, которые сумели дожить до 30 и даже до 40 лет, изготавливали орудия и одежду. У неандертальцев возникли и первые обряды, связанные с захоронением умерших соплеменников. Умерших или погибших не бросали на месте смерти, а хоронили с соблюдением определенных ритуалов. Могилы неандертальцев найдены повсеместно в местах их обитания. Например, в Узбекистане в пещере Тешик-Таш обнаружено захоронение маленького мальчика. Он упокоился 70 тыс. лет тому назад, и похоронили его в ритуальной позе (сидящим на корточках); его окружает кольцо из бараньих рогов. В пещере Шанидар в Иране найден скелет неандертальца, похороненного на ложе из цветков.

Неандертальцы заселяли огромные территории в течение сотен тысяч лет, и, естественно, представители различных групп значительно отличались друг от друга по внешнему облику. Выделяют несколько вариантов

неандертальцев: *европейский, ближневосточный прогрессивный, переднеазиатский*.

Ранние неандертальцы, жившие на территории Германии и Англии 200 тыс. лет назад, имели практически такой же по объему мозг, как и современный человек. У представителей этой ветви найдено немало черт, роднящих их с современным человеком. Поздние неандертальцы имели массивное телосложение, небольшой рост (155—160 см), короткие нижние конечности, изогнутые бедренные кости. Объем черепной полости, а значит, и мозг был даже несколько бóльшим, чем у современных людей, сильнее были развиты затылочные отделы больших полушарий и мозжечок. Очень интересные находки сделаны на территории Израиля у горы Кармел. Найденные там останки неандертальцев (названные *неандертальцами группы Схул*) наиболее близки к типу современного человека: они отличаются мозаикой черт, присущих как неандертальцам, так и Человеку разумному (т. е. нам с вами). Некоторые ученые рассматривают этот факт как свидетельство смешения палеоантропов с предками современных людей.

И вот, наконец, 60—50 тыс. лет назад возник человек современного типа — *Человек разумный (Homo sapiens sapiens)*. Возник он, конечно, раньше, но именно 50—40 тыс. лет назад Человек разумный начал стремительно расселяться по Европе и Азии, вытесняя поздних неандертальцев (*Homo sapiens neanderthalensis*). Человека современного типа называют *кроманьонцем* по пещере Кро-Маньон во Франции, где в 1868 г. были найдены четыре скелета таких людей (рис. 1.10). Кости кроманьонцев находили и гораздо раньше, но этим находкам не придавали должного значения. Так, еще в 1822 г. английский священник У. Бакленд нашел в пещере в Уэллсе скелет, покрытый

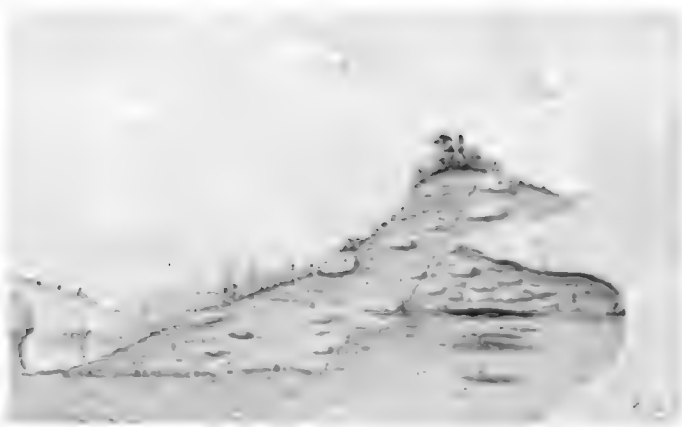


Рис. 1.10. Схема пещеры Кро-Маньон и найденный в этой пещере череп

охрой. Назвал он свою находку «Красная леди». Кроманьонцы отличались высоким ростом (170—177 см), лицевая часть черепа у них стала меньше, чем у неандертальцев, мозг был таким же, как у нас, — с большим передним мозгом, развитой корой больших полушарий, крупным мозжечком. Впрочем, кроманьонец ничем и не отличался от современных людей, так как он и был первым современным человеком.

Но если кроманьонец 20—30 тыс. лет жил бок о бок с поздними неандертальцами, то произойти от них он никак не мог.

Кто был непосредственным предком современного человека?

Большинство антропологов считают, что родиной современного человека была все-таки Африка, а предком —

одна из ветвей Человека умелого или ранних питекантропов. Однако «недостающее звено» наших предков пока не обнаружено и непонятно, кто же был прямым предком современного человека в промежутке 1 млн — 50 тыс. лет тому назад. Кроманьонец явно уступал в физической силе неандертальцу, однако его мозг был лучше приспособлен к жизни в трудных условиях ледникового периода.

Какова была судьба неандертальцев?

Исчезли неандертальцы по эволюционным меркам очень быстро. Возмож-

но, какая-то их часть постепенно смешалась с кроманьонцами, другие погибли в боях с более умными, хитрыми и лучше вооруженными соперниками, т. е. кроманьонцами, часть была вытеснена в неплодородные районы, где и закончила свое существование (рис. 1.11).

Кроманьонцы заселили всю Землю, в том числе Америку и Австралию. А это не удавалось ни одному другому нашему предку. Находкам останков кроманьонцев в Австралии около 10 тыс. лет.

Кроманьонцы умели изготавливать множество различных орудий, причем не только из камня и дерева, но и из рогов, и костей: резцы, ножи, наконечники копий, иглы и шила, гарпуны, рыболовные крючки, копьеметалки. Появились у них ловушки для зверей и силки для птиц. Кроманьонцы могли жить в пещерах, но и умели строить хижины — все зависело от условий жизни. Ведь они распространились по всей Земле и условия обитания различных групп очень сильно различались. Поселяясь в пещерах, кроманьонцы рисовали на стенах великолепные изображения животных, которые их окружали: антилоп, лошадей, мамонтов, бизонов, медведей. Они носили украшения из костей и ракушек. Своих покойников (а жили они в среднем 30—50 лет) кроманьонцы хоронили с соблюдением различных обрядов, которые свидетельствуют об их вере в загробную жизнь. Кроманьонцы начали приручать животных, первыми из которых были собаки.

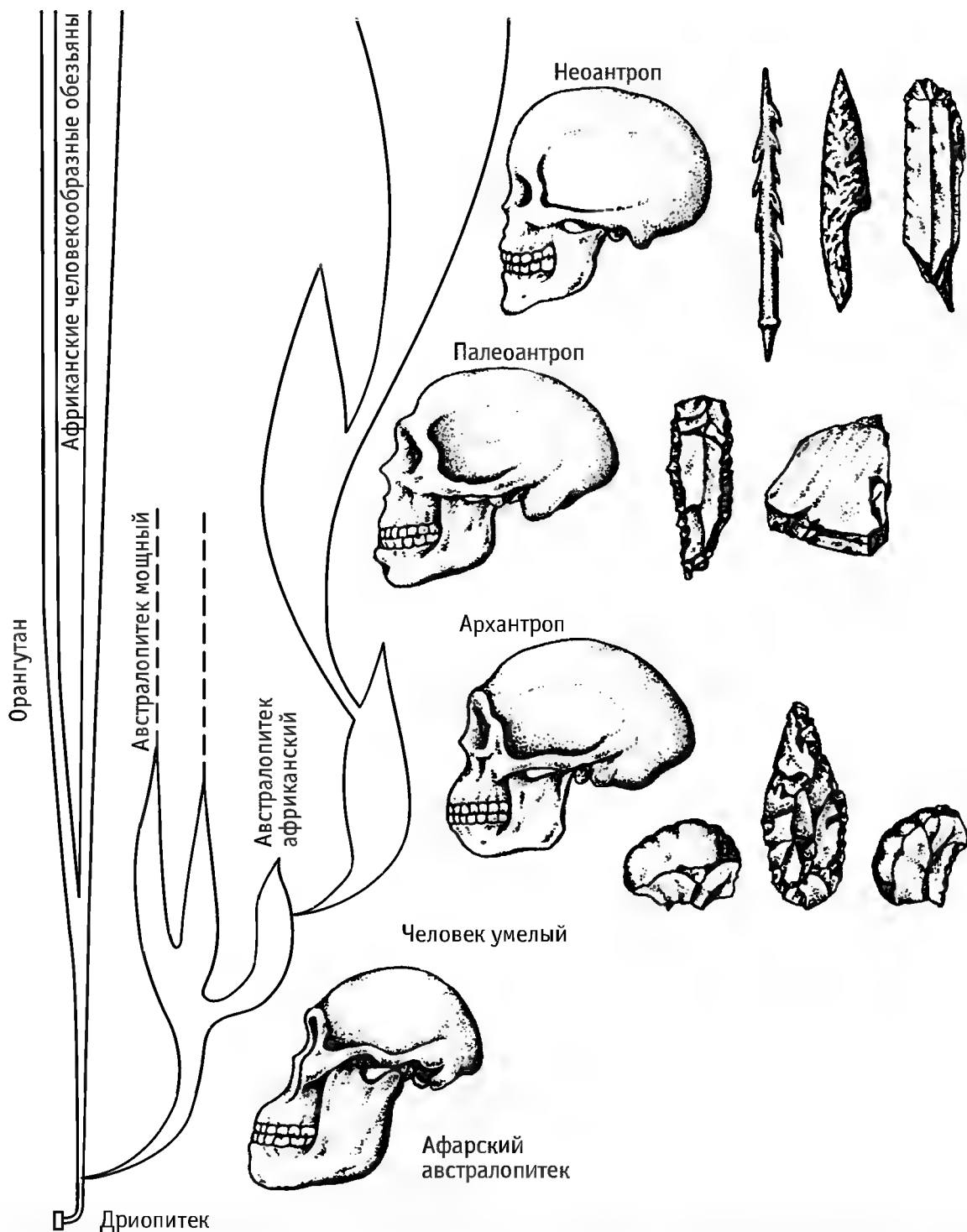


Рис. 1.11. Эволюция предков человека

Со времени формирования кроманьонского человека его биологические параметры практически не меняются. Немного уменьшился размер зубов, снизилась массивность скелета, однако эти анатомические изменения не являются принципиальными. Таким образом, *биологическая эволюция* человека сильно затормозилась, и ей на смену пришла *социальная эволюция*, основанная

на накоплении и передаче опыта трудовой деятельности и общественного поведения от поколения к поколению. Победителями в борьбе за существование становились не самые сильные и злобные, а те, кто берег детей, умножая численность популяции, и те, кто помогал прожить как можно дольше старикам — носителям информации о способах спасения в природных катастрофах, приемах охоты и войны, о методах изготовления орудий и т. д. Значит, победителями в борьбе за существование стали самые умные и добрые.

1.5

РАСЫ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА

Все люди, живущие в настоящее время на Земле, относятся к одному биологическому виду — *Homo sapiens*. Но различия между группами людей, хотя и являются только внешними, все равно достаточно велики: сравните внешний облик норвежца, эфиопа и японца. Поэтому антропологи делят вид *Homo sapiens* на более мелкие подгруппы, называемые *расами*. Представители различных рас отличаются друг от друга цветом кожи и волос, цветом и формой глаз, чертами лица, формой черепа, пропорциями частей тела (рис. 3 цв. вкл.). Эти признаки, названные *расовыми*, хотя и передаются из поколения в поколение, не существенны для жизни в современных условиях. Иными словами, итальянец может прекрасно жить в Японии, а эфиоп — в Норвегии.

Как и когда возникли расы?

Мы уже говорили о том, что кроманьонцы активно расселялись по всей Земле, попадая в различные условия

обитания: тундру, тайгу, тропики, горные области. Именно уникальная широта зоны обитания кроманьонцев и стала причиной различий их морфологического строения. Кроманьонцы смогли освоить даже такие ландшафты и природные зоны, в которых их предки никогда не селились, а если бы и поселились, то не выжили бы. В новых условиях обитания оставались в живых лишь наиболее приспособленные к этим условиям особи. Природные воздействия «отбирали» из большого числа наших предков тех, которые смогут выжить в арктической тундре, тех, которые способны существовать в азиатских степях, и тех, которые не спасуют перед трудностями жизни в джунглях Африки. Для обитания в различных условиях требуются разные морфологические особенности. Вспомним экологическое правило Аллена: чем холоднее зона обитания, тем короче придатки тела у млекопитающих, т. е. уши, нос и т. п. Это для того, чтобы эти самые придатки не отморозить. Если хотите, можете сравнить короткие закругленные уши северного

жителя песка и большие широкие стоящие торчком уши южной лисы — фенека, живущего в Аравии и Северной Африке. А ведь и песец, и фенек — близкие родственники из семейства волчьих. Конечно, человек не так подвержен воздействию факторов внешней среды, как дикие животные. Однако тело коренастых, плотно сложенных коротконогих эскимосов лучше сохраняет тепло, чем тело высоких худощавых эфиопов. Антропологи полагают, что курчавые волосы, хорошо удерживающие воздушную прослойку, являются очень эффективной защитой от палящего тропического солнца. И ведь что интересно: такие волосы наблюдаются и у народов Африки, и у коренного населения Австралии и южных островов Тихого океана. А эти группы людей не являются близкими родственниками. Их объединяет жизнь в жарком климате. Считается также, что длинные прямые волосы и густые бороды, возможно, помогали сохранять тепло нашим предкам, жившим в холодном климате северной Европы.

В настоящее время антропологи подразделяют вид *Homo sapiens* на три большие расы: *европеоидов*, *негроидов* и *монголоидов*. Иногда выделяют и четвертую большую расу — *австралоидов*. Однако еще в 1870 г. Т. Гексли предложил делить все население Земли на две группы: светлокожих (европеоиды и монголоиды) и темнокожих (негроиды и австралоиды). Затем была предложена другая группировка рас, объединяющая европеоидов с негроидами, а монголоидов выделяющая в отдельную группу. В пользу объективности последней классификации свидетельствует тот примечательный факт, что у европеоидов и негроидов выраженность расовых признаков с возрастом только усиливается, а у монголоидов, наоборот, ослабевает. В последние годы для выяснения вопроса о времени и очередности образования рас стали применяться методы молекулярной генетики. Сравнением митохондриальной ДНК представителей различных рас было установлено, что раньше всего от африканской ветви, представленной в настоящее время негроидами, живущими южнее Сахары, отпочковалась группа, давшая начало всем расам, образовавшимся уже вне Африки (рис. 1.12). Произошло это приблизительно 10—40 тыс. лет назад. Эта ветвь поделилась на западную (*европеоиды* и *индийцы*) и восточную (*монголоиды* Азии, *индейцы* Америки, *папуасы* Новой Гвинеи и *аборигены* Австралии). Моложе всех оказалась австралоидная раса. Позднее других земель были заселены также бескрайние тундры Арктики и острова Тихого океана. Ведь для жизни на холодном Севере необходимо было овладение приемами преодоления климатических трудностей: умение строить особые жилища, конструировать одежду, сохраняющую тепло. А для жизни на островах нужно было научиться строить лодки, изобрести паруса, уметь ориентироваться по звездам и течениям.

Когда человек заселил практически всю Землю, за исключением Антарктиды и некоторых высокогорных районов, появились дополнительные

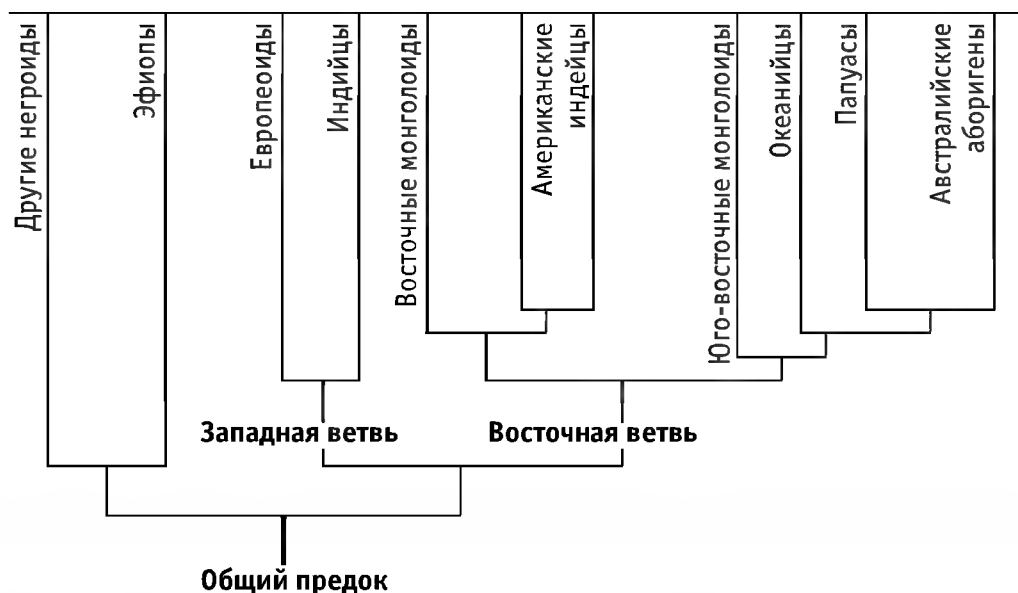


Рис. 1.12. Гипотетическая временная последовательность происхождения рас

барьеры между группами людей, живущими в различных условиях обитания. Эти барьеры сначала были географическими: моря, горы, пустыни. Затем же все более обособлявшиеся группы людей стали говорить на все менее и менее похожих языках, да и культурные обычаи все сильнее разнились. Конечно, происходили и объединения различных народов. Одни племена покоряли другие. Целые народы переселялись за тысячи и тысячи километров от своих первоначальных мест обитания. Вспомните, откуда пришли в Европу предки венгров и финнов, подивитесь сходству обычаев и языка жителей Пиренеев — басков и народа Кавказа — грузин. Эти процессы приводили к контактам и «перемешиванию» представителей различных рас. Как результат — в настоящее время антропологи насчитывают от 30 до 50 расовых группировок. По мнению современных антропологов, «чистых» рас сейчас практически не существует.

1.6

ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕЛОВЕКА КАК ВИДА

Итак, человек — животное, относящееся к классу Млекопитающие, отряду Приматы. Несомненно, человек — самое умное животное на Земле, благодаря своему уму ставшее самым сильным. Однако великий ум сыграл с человеком дурную шутку: человек возомнил себя хозяином Земли. А это ведь очень опасное, смертельно опасное заблуждение. Человек зависит от окружаю-

щей среды даже больше, чем другие, казалось бы, более слабые и глупые существа. Человек думает, что он неподвластен гнету естественного отбора. А основное правило естественного отбора гласит: выживает приспособленнейший, но он является приспособленнейшим только до тех пор, пока выживает. Безудержно размножаясь, удлиняя продолжительность своей жизни и постоянно увеличивая потребности, человек становится непереносимой обузой для нашей планеты. Ведь все остальные виды безропотно подчиняются законам природы и «по одежке протягивают ножки». И только человек творит то, что ему вздумается: поворачивает реки вспять, выбрасывает в атмосферу и океан миллионы тонн грязи, уничтожает неугодные ему виды вредителей целенаправленно и еще большее число видов животных и растений просто по недоразумению. Получается, что человек умен коротким умом, а вот перспективы результатов своих действий он пока предвидеть не может. В одном из нью-йоркских зоопарков в павильоне для приматов стоит вольер из толстых стальных прутьев. На вольере надпись: «Самый опасный примат в мире». Заглянув с опаской в эту клетку, посетитель видит в большом зеркале свое отражение. Человек уже уничтожил массу видов; подсчитано, что в настоящее время по вине человека ежедневно бесследно исчезают несколько видов живых существ. Можно, конечно, сказать: «Ну и ладно, зачем нам птица дронг или млекопитающее ламантин? И без них проживем». А это еще большой вопрос, без кого мы проживем, а без кого и нет...

В 50-е гг. 20 в. китайцы прикинули, что воробьи съедают много зерна. Подсчитали убытки и приняли решение: уничтожить воробьев. Китайцы — народ организованный, все сотни миллионов вышли на улицы и поля с трещотками, палками, пестардами и стали гонять бедных птичек. Воробей — птица мелкая, обмен веществ у них интенсивный, долго летать без отдыха и пищи они не могут. Скоро все полуживые воробьи попадали на землю и были съедены довольными жителями Китая. Но почему-то урожайность злаков не повысилась, зерна по-прежнему не хватало и рис не подешевел. А дальше стало гораздо хуже, чем было. Оказалось, что воробьи в большей степени питаются мелкими насекомыми — вредителями сельского хозяйства, чем зерном. Без своих врагов — воробьев — насекомые стали усиленно размножаться, питаясь как раз тем зерном, которого так не хватало китайцам. Что же делать? Было принято решение ввозить воробьев из-за границы, купив их за валюту. Через несколько лет все пришло в норму.

Из истории о воробьях следует вывод о том, что нет «вредных» или «не нужных» видов. Управляя природой, но не понимая ее законов, человек рискует уничтожить себя как биологический вид. Если его деятельность по уничтожению лесов и промышленному загрязнению атмосферы приведет к снижению уровня кислорода в воздухе всего на 3%, это уже может поста-

вить под угрозу существование человечества. Или загрязнение Земли такими ядами, как инсектицид ДДТ — хлорпроизводное ароматических углеводородов. ДДТ, или дуст, применялся в быту десятилетиями для уничтожения вшей, клопов, комаров, клещей. С 1950 по 1970 г. его было произведено около 4,5 млн т. ДДТ очень стоек к воздействиям внешней среды, медленно распадается, хорошо растворим в жирах, а потому быстро накапливается в организме животных и человека. Подсчитано, что и сейчас, через много лет после запрещения его широкого использования, в биосфере все еще сохраняется не менее 3 млн т ДДТ! Его находят во всех живых существах, например в скорлупе яиц и жире пингвинов. А ведь ДДТ никогда не распыляли на родине пингвинов, в Антарктиде, там и морить некого.

А как человек? Установлено, что в грудном молоке всех кормящих женщин содержится в 4 раза больше ДДТ, чем это допускают санитарные нормы для коровьего молока. Хуже всего дело обстоит в Индии, где ДДТ, несмотря ни на что, применяется и по сей день. Высокое содержание ДДТ в молоке находят и у матерей Украины, Казахстана, России. И если так будет продолжаться, то не окажемся ли мы, люди, в положении американских перелетных дроздов? Начнется массовое бесплодие, и человечеству будет грозить выми-

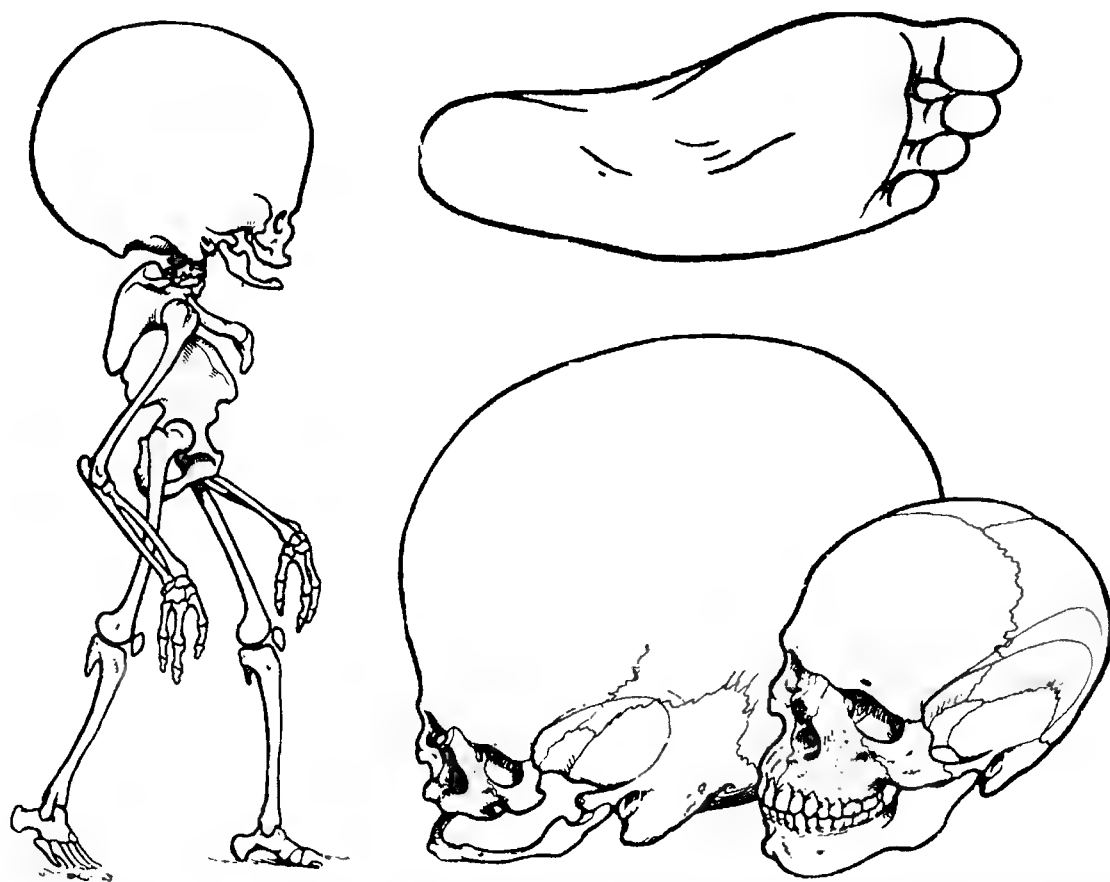


Рис. 1.13. Гипотетический «Человек будущего»

Приведем один из примеров последствий использования ДДТ. В США ДДТ применяли для обработки парковых насаждений, уничтожая вредителей. С деревьев ДДТ с водой и опавшими листьями попадало в почву. Там листья с ДДТ поедались дождевыми червями, которыми питаются перелетные дрозды. Часть дроздов погибла, а остальные стали стерильными, т. е. откладывали яйца, из которых не вылуплялись птенцы. В результате на большей части США исчезла популяция перелетных дроздов.

вание. Однако надеемся, что этого не произойдет, ведь почти во всем мире применение ДДТ уже под запретом.

Но если человечество возьмется за ум и спасется от вымирания, то как оно будет эволюционировать? Конечно, точно этого никто знать не может. Специалисты попробовали представить облик человека через несколько миллионов лет (рис. 1.13). (Будем надеяться, что это шутка.) Огромный череп, утраченные зубы, а также таз и множество других костей, меньшее число пальцев — все это превращает нашего прапраправнука в некое уродливое существо. Но ведь и австралопитек Люси, увидев самую красивую женщину современной Земли, наверное, была бы в ужасе.

2

ЧТО ДЕЛАЕТ ЖИВОЕ ЖИВЫМ

2.1

ПОНЯТИЕ О ВОЗБУДИМОСТИ

Чем живое отличается от неживого?

Живое отличается от неживого возбудимостью. *Возбудимость* — это способность живых организмов изменять

процессы своей жизнедеятельности под влиянием внешних или внутренних воздействий. Неживые предметы не обладают таким свойством.

Представьте себе, что вы ударили ногой камень, лежащий на дороге. Камень отлетел в сторону. Но сам-то камень при этом не изменился. Вы приложили к нему силу, и под действием этой силы камень пассивно переместился в пространстве. Теперь представьте себе, что вы приложили силу к живому существу, например пнули ногой собаку. Этого делать, безусловно, не следует, но мы рассматриваем гипотетический пример. Собака может отреагировать разными способами: увернуться, залаять, убежать, вцепиться зубами вам в ногу и т. д. Значит, собака отреагирует на внешнее воздействие, изменив свое состояние: сократив одни мышцы, расслабив другие. На работу мышц собака затратит довольно много энергии. А камень никакой своей энергии не тратил. Таким образом, живым организмам в целом, а также клеткам, которые образуют организм, присуща возбудимость.

Человек — тоже живое существо, и ему, как и большинству клеток его организма, свойственна возбудимость. Процессы возбудимости организма, и в частности человека, исследует целый комплекс биологических наук: электрофизиология, нейрохимия, цитология, биофизика и др. Но изучать организм человека, не нанося ему вреда, иногда бывает просто невозможно. Поэтому исследования проводят на животных, а потом с некоторыми поправками, а очень часто и безо всяких поправок результаты переносят на

организм человека, как говорят ученые, — *экстраполируют* на организм человека. Такая экстраполяция вполне оправдана и допустима. Ведь как следует из первой главы этой книги, человек принадлежит к царству животных и, следовательно, «ничто животное» ему не чуждо. Поэтому классические работы по исследованию механизмов возбудимости были проведены на различных животных объектах, а чаще — на беспозвоночных.

К возбудимым клеткам относятся *рецепторные клетки*, воспринимающие различные раздражители; *нейроны*; *клетки мышц*. Возбудимые клетки позволяют нам ощущать окружающий мир, мыслить, двигаться. Назовем специфические свойства возбудимых клеток.

1. Возбудимые клетки изнутри заряжены отрицательно. Этот отрицательный заряд возбудимых клеток получил название *потенциал покоя*, или *мембранный потенциал*.

2. При воздействии на возбудимую клетку раздражителя достаточной силы она возбуждается, переходя в состояние физиологической активности. Генерируемый возбудимой клеткой электрический сигнал называли *потенциалом действия*.

3. Потенциал действия, возникший на небольшом участке мембраны, окружающей возбудимую клетку, способен распространяться по всей поверхности этой клетки. Если говорить о нейроне, то потенциал действия передается по длинному отростку нервной клетки — *аксону* в другие клетки; это свойство названо *проводимостью*.

2.2

ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ, ИЛИ МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Для обнаружения и измерения потенциала покоя обычно используют стеклянные электроды. *Микроэлектрод* представляет собой трубочку из особого сорта стекла. Конец этой трубочки вытянут, его диаметр не должен превышать 1 мкм, т. е. одну миллионную долю метра. Такой кончик не наносит больших повреждений клетке, и она может жить и работать несмотря на то, что ее наружная мембрана проткнута микроэлектродом. Микроэлектрод заполнен раствором хлористого калия (KCl), хорошо проводящим электрический ток, и соединен проводником с измерителем напряжения — *вольтметром* (рис. 2.1). В тот момент, когда электрод протыкает наружную мембрану клетки и погружается в ее цитоплазму, прибор регистрирует скачок напряжения, который в случае нейрона составит приблизительно -70 мВ. Таким образом, в состоянии покоя нейрон, как и другие возбудимые клетки, заряжен изнутри отрицательно

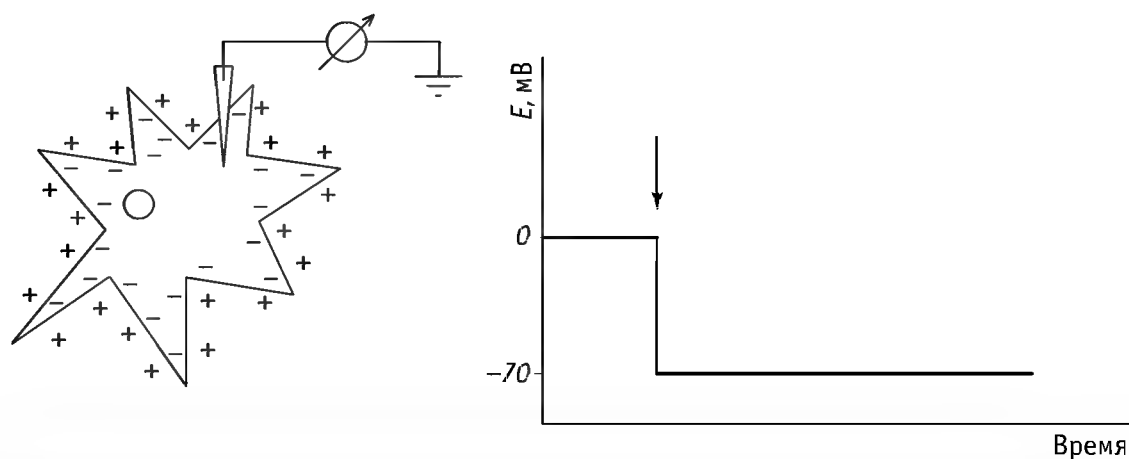


Рис. 2.1. Схема измерения потенциала покоя

по отношению к своей внешней поверхности. Этот отрицательный потенциал назвали *потенциалом покоя*, или *мембранным потенциалом* (ПП, или МП). Потенциал покоя довольно значительно колеблется у различных типов возбудимых клеток и может составлять от -30 мВ до -100 мВ. Потенциал покоя был открыт Э. Дюбуа-Реймоном в середине 19 в. Дюбуа-Реймон не имел в своем арсенале тонких электродов, он надрезал мышцу лягушки поперек волокон и измерял разность потенциалов между местом повреждения и окружающей средой. Оказалось, что она составляет около -50 мВ. Этот потенциал Дюбуа-Реймон назвал *потенциалом повреждения*.

Содержимое ранки — это смесь содержимого разрушенных клеток и окружающей их межклеточной жидкости. И хоть это не только внутренняя среда клеток, но и в ней удалось зарегистрировать отрицательный заряд. Затем Дюбуа-Реймон смог измерить потенциал повреждения, сделав разрез толстого седалищного нерва. А ведь нерв — это пучок длинных отростков нервных клеток — аксонов. И надрезав его, ученый ввел электрод фактически внутрь многих клеточных отростков. В месте повреждения нерва он зарегистрировал величину разности потенциалов с внешней средой в -20 мВ.

Какова природа отрицательного заряда возбудимых клеток?

Пытаясь объяснить полученные результаты, Э. Дюбуа-Реймон исходил из существовавших в то время физиче-

ских теорий. В частности, великий французский физик А. Ампер объяснял свойства постоянных магнитов тем, что каждая их молекула представляет собой маленький магнитик с положительным и отрицательным полюсами. Дюбуа-Реймон полагал, что вдоль мышц и нервов проходят цепочки из особых «электромагнитных молекул». Каждая такая молекула является объединением двух гальванических элементов, соединенных положительными полюсами так, что наружу направлены их отрицательные полюса. Если повредить мышцу или нерв, то к поверхности разреза всегда будут обращены

отрицательные полюса «электромагнитных молекул». Поэтому ранка изнутри и заряжена отрицательно.

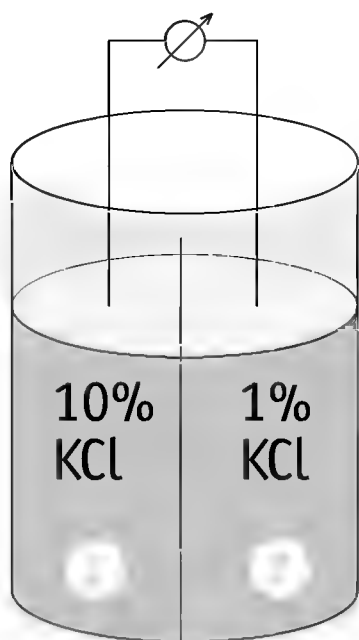
Дюбуа-Реймон выдвинул свою гипотезу в 1846 г., и она просуществовала почти 25 лет; затем в ней усомнились его ученики Л. Герман и Ю. Бернштейн. Герман считал, что никаких потенциалов и токов в целой неповрежденной мышце не существует. А образуются потенциал и токи между неодинаково заряженными участками мышцы только в результате повреждения или сильного раздражения мышцы. Так возник спор между представителями двух точек зрения в электрофизиологии: образуется ли потенциал в мышце в момент повреждения (*гипотеза альтерации*, или *повреждения*) или же он существует и в неповрежденной мышце (*гипотеза предсуществования потенциала*). За первую гипотезу ратовал Герман, за вторую — Бернштейн.

Победил в этом споре Ю. Бернштейн, заложивший основы *мембранной теории биопотенциалов*. Разработать революционную теорию, объясняющую причины возникновения «животного электричества», стало возможным благодаря достижениям биологии, химии и физики, которые помогли Бернштейну в его работе.

Каковы были успехи естественных наук к концу 19 в.?

К концу 19 в. В. Пфедфер сделал вывод о том, что клетки покрыты полупроницаемой мембраной, через кото-

рую проходят одни частицы и не проходят другие. С. Аррениус установил, что многие вещества в растворах распадаются на заряженные частицы — *ионы*, т. е. он пришел к мысли об *электролитической диссоциации*: в растворе молекула NaCl распадется на две частицы — Na^+ и Cl^- , а молекула KCl — на K^+ и Cl^- . До С. Аррениуса считали, что ионы возникают в растворе только под действием электрического тока. В 1890 г. В. Оствальд предположил, что свойство полупроницаемости мембран может лежать в основе некоторых электрических явлений. Наконец, В. Нернст измерил разницу потенциалов, возникающих между двумя растворами с различной концентрацией веществ, разделенными полупроницаемой мембраной (рис. 2.2). Нернст разграничил банку на два сосуда мембраной, проницаемой только для положительно заряженных ионов — катионов. В один сосуд (1) он налил 10%-ный раствор KCl, а во второй (2) — 1%-ный раствор этой соли. В обоих растворах произошла диссоциация KCl на K^+ и Cl^- , но в сосуде 1 исходно было в 10 раз больше и катионов (K^+), и анионов (Cl^-), чем в сосуде 2. Так как разделяющая растворы полупроницаемая мембрана хорошо пропускает катионы, то часть ионов калия (K^+) перешла из сосуда 1, где концентрация KCl исходно была выше, в сосуд 2, в котором концентрация KCl в 10 раз ниже. Поскольку ионы калия несут положительный заряд, то положительных зарядов в сосуде 2 будет больше, чем отрицательных. В сосуде 1 таким образом окажется некоторый избыток «брошенных» анионов хлора, потерявших свои катионы калия. Но отри-



цательно заряженные ионы Cl^- будут притягивать назад часть положительно заряженных ионов K^+ за счет взаимодействия электрических зарядов. Через какие-то мгновения потоки K^+ из сосуда 1 в сосуд 2 и наоборот станут равными. Однако в сосуде 1 ионов K^+ будет все равно меньше, чем ионов Cl^- (ведь часть K^+ перешла в сосуд 2), а в сосуде 2 будет больше ионов K^+ , чем ионов Cl^- (за счет пришедших из сосуда 1). Следовательно, раствор в сосуде 1 будет заряжен отрицательно по отношению к раствору в сосуде 2. Между растворами установится *нернстовский потенциал*, который, согласно уравнению Нернста, равен:

$$E = \frac{RT}{FZ} \cdot \ln \frac{[C]_1}{[C]_2},$$

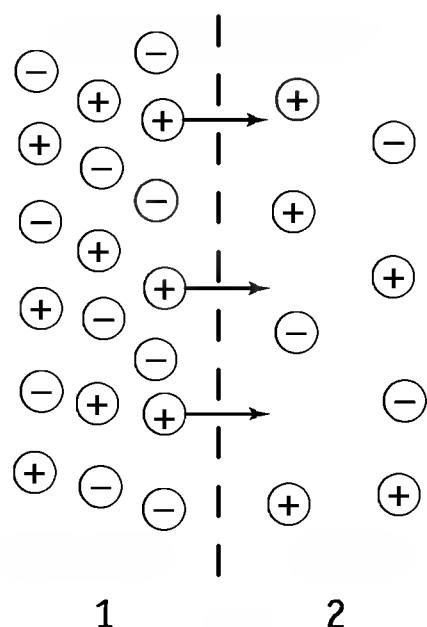


Рис. 2.2. Схема опыта В. Нернста

где E — величина потенциала, возникающего между растворами, налитыми в сосуд 1 и сосуд 2; R — газовая постоянная; T — температура; F — число Фарадея; Z — валентность; $[C]_1$ — концентрация ионов K^+ в сосуде 1; $[C]_2$ — концентрация ионов K^+ в сосуде 2.

Ю. Бернштейн предложил использовать приведенное выше уравнение Нернста для определения мембранного потенциала. Но он не знал, какой именно ион может проходить через полупроницаемую мембрану, окружающую возбудимую клетку. Но вскоре, в 1905 г., сотрудник В. Нернста К. Гебер получил экспериментальные данные, свидетельствовавшие о том, что таким ионом является именно K^+ . Однако соотношение кон-

центраций катионов калия внутри и снаружи клетки оказалось не 1 : 10 (как в искусственной экспериментальной системе В. Нернста), а совсем другим. Так, в мышечных клетках калия в 40 раз больше, чем в среде, окружающей клетки. Зато в окружающей среде, т. е. вокруг возбудимых клеток, ионов натрия (Na^+) приблизительно в 10 раз больше, чем внутри клеток. Однако, когда клетка находится в состоянии покоя, натрий не может проникать

Великий физикохимик В. Нернст обладал специфическим чувством юмора. Так, например, из всех домашних животных он держал в своем доме только аквариумных рыбок, объясняя это тем, что рыбы — холоднокровные животные, находящиеся в состоянии термодинамического равновесия с внешней средой. Теплокровные же кошки и собаки, по мнению ученого, только обогревают космос за счет кормов хозяина.

сквозь клеточную мембрану внутрь клетки и не участвует в создании потенциала покоя. За последние 70 лет многие ученые путем оригинальных экспериментов окончательно доказали, что отрицательный заряд покоейшей возбудимой клетки обусловлен тем, что часть ионов K^+ выходит через наружную мембрану во внешнюю среду и в цитоплазме клетки остается избыток отрицательно заряженных ионов — анионов.

2.3

ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ

Если возбудимую клетку раздражать с достаточной силой, например электрическим током, то она перейдет в состояние физиологической активности. В ней возникнет *потенциал действия*. Что это такое?

В покое клетка поляризована, т. е. изнутри заряжена отрицательно. Так вот потенциал действия заключается в том, что на несколько мгновений клетка деполяризуется. Заряд внутри клетки станет таким же, как снаружи и даже на какой-то миг внутри будет больше положительных зарядов, чем снаружи клетки (рис. 2.3). Таким образом, с «электрической» точки зрения *потенциал действия* (ПД) — это краткая деполяризация наружной мембраны клетки. У разных возбудимых клеток ПД бывает различной длительности: в нервной клетке — 1 миллисекунда (мс), в волокне поперечнополосатой мышцы — 10 мс, а в волокне сердечной мышцы — 200 мс.

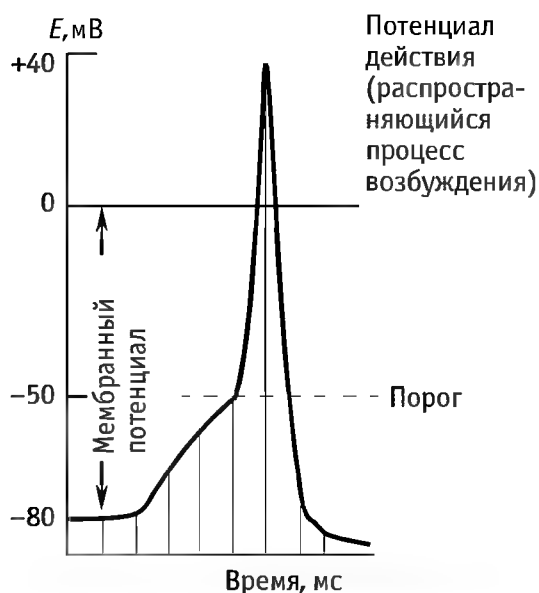


Рис. 2.3. Потенциал действия

Как объяснить величину, длительность, форму потенциала действия?

На какие-то мгновения концентрация всех ионов по обе стороны мембраны выравнивается и разность потенциалов исчезает. Подтвердить эту гипотезу экспериментально Бернштейн не успел. Доказать, что сопротивление мембраны клетки в момент возбуждения резко снижается и благодаря этому через нее проходят ионы, смогли в 1938 г. американцы Т. Кол и Р. Кертис. Оригинален выбранный этими учеными объект исследования. Вместо нервной или мышечной клетки они взяли гигантскую клетку водоросли. Водоросль называется нителла и относится к порядку Харовые. Толщина гигантских клеток нителлы достигает 0,5 мм, длина — 25 см. На этом-то объекте Кол и Кертис зарегистрировали снижение сопротивления мембраны в 200 раз в момент возбуждения. Через год опыты этих же ученых на гигантском нервном волокне кальмара подтвердили полученный ранее результат. Однако в гипотезе Бернштейна было слабое место: если бы в момент возбуждения мембрана стала бы проницаемой для всех ионов, то потенциал на мембране равнялся бы нулю, а в эксперименте наблюдается так называемый *овершут* (overshoot — превышение), т. е. заряд в клетке становится равным приблизительно +40 мВ.

Откуда же берется этот «избыточный» положительный заряд в клетке в месте ее возбуждения? На этот вопрос смогли ответить будущие нобелевские лауреаты англичане А. Ходжкин и Э. Хаксли.

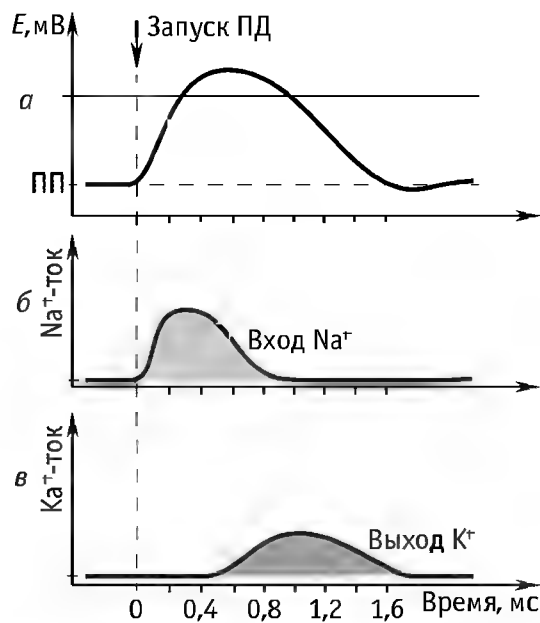


Рис. 2.4. Кривая потенциала действия (а) и кривые токов ионов Na^+ (б) и K^+ (в), приводящие к возникновению потенциала действия

Ю. Бернштейн предположил, что во время возбуждения мембрана клетки становится проницаемой для всех заряженных частиц — ионов. На какие-то мгновения концентрация всех ионов по обе стороны мембраны выравнивается и разность потенциалов исчезает. Подтвердить эту гипотезу экспериментально Бернштейн не успел. Доказать, что сопротивление мембраны клетки в момент возбуждения резко снижается и благодаря этому через нее проходят ионы, смогли в 1938 г. американцы Т. Кол и Р. Кертис. Оригинален выбранный этими учеными объект исследования. Вместо нервной или мышечной клетки они взяли гигантскую клетку водоросли. Водоросль называется нителла и относится к порядку Харовые. Толщина гигантских клеток нителлы достигает 0,5 мм, длина — 25 см. На этом-то объекте Кол и Кертис зарегистрировали снижение сопротивления мембраны в 200 раз в момент возбуждения. Через год опыты этих же ученых на гигантском нервном волокне кальмара подтвердили полученный ранее результат. Однако в гипотезе Бернштейна было слабое место: если бы в момент возбуждения мембрана стала бы проницаемой для всех ионов, то потенциал на мембране равнялся бы нулю, а в эксперименте наблюдается так называемый *овершут* (overshoot — превышение), т. е. заряд в клетке становится равным приблизительно +40 мВ.

Работая на самом популярном объекте электрофизиологов — гигантском аксоне кальмара, они смогли доказать, что в момент возбуждения резко повышается проницаемость мембраны клетки для ионов натрия. А так как натрия гораздо больше в среде, окружающей клетку, в этот момент он устремится внутрь и создаст в клетке избыток положительных зарядов. Так и получается овершут. Но потенциал действия длится всего 1—2 мс, затем проницаемость мембраны для ионов натрия резко падает; на некоторое время значительно возрастает проницаемость мембраны для ионов калия. Калий выходит из клетки, в результате мембрана клетки деполяризуется и восстанавливается потенциал покоя,

равный -70 мВ (рис. 2.4). Однако если в состоянии покоя ионы K^+ понемногу выходят из клетки, а при возбуждении ионы Na^+ входят в клетку, то рано или поздно концентрация этих ионов внутри и снаружи клетки уравнивается. Другими словами, ионов калия будет столько же внутри клетки, сколько и снаружи, и потенциал покоя исчезнет! Это заключение должно быть справедливым и для других ионов. Но на самом деле этого не происходит: и нейроны, и мышцы человеческого организма не теряют способности к возбуждению всю его жизнь. Почему?

Оказывается, в возбудимых мембранах существуют специальные белковые молекулы — *насосы*. Эти насосы создают разность концентраций ионов внутри и снаружи клетки, перенося ионы через мембрану против градиента концентрации, т. е. оттуда, где этих ионов меньше, туда, где их больше. Для нормального поддержания потенциала покоя и обеспечения потенциала действия наиболее важным насосом является Na^+/K^+ -зависимая АТФ-аза. Это крупная белковая молекула встроена в наружную мембрану клеток (рис. 2.5). Во время работы молекула-насос захватывает в цитоплазме клетки три иона Na^+ и одну молекулу АТФ. Молекула АТФ распадается, выделяя энергию. За счет этой энергии пространственная конформация, т. е. форма молекулы-насоса, меняется и три иона Na^+ выносятся из клетки в окружающее ее пространство. В это мгновение молекула-насос захватывает в межклеточной среде два иона K^+ и конформация ее меняется таким образом, что калий вносится в цитоплазму клетки. Теперь насос готов снова захватить Na^+ и АТФ и т. д. В среднем одна молекула Na^+/K^+ -зависимой АТФ-азы в секунду выносит из клетки 200 ионов Na^+ и вносит 130 ионов K^+ . Если заблокировать распад АТФ, т. е. лишить клетку энергии, то работа насоса быстро прекращается и клетка теряет свойство возбудимости. Подсчитано, что на работу насосов возбудимые клетки тратят около 10—20% всей своей энергии. Блокада работы ионных насосов очень опасна. Из целого ряда растений — наперс-

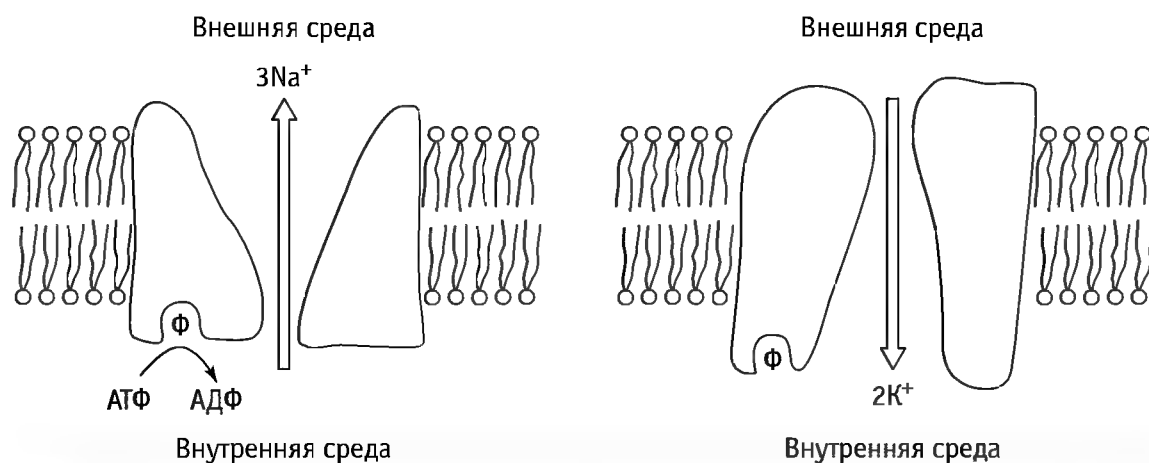


Рис. 2.5. Схема работы Na^+/K^+ -зависимой АТФ-азы по переносу ионов Na^+ и K^+

тянки, ландыша и др. — выделены яды, блокирующие Na^+/K^+ -зависимую АТФ-азу человека. Эти яды (дигитонин, сапонин, конвалламарин) получили название *сердечных гликозидов*, так как приводят к потере клетками сердечной мышцы ионов K^+ . В результате снижается частота сердечных сокращений, появляется аритмия и человек может погибнуть.

Удивительно, но дикие собаки, лисы, волки специально поедают ядовитые растения, содержащие сердечные гликозиды. Оказывается, строение молекулы Na^+/K^+ -зависимой АТФ-азы у собачьих не совсем такое, как у приматов, и сердечные гликозиды не наносят вреда их сердцу, а даже помогают животным избавиться от глистов.

2.4

ИОННЫЕ КАНАЛЫ

Итак, в момент раздражения клетки в нее из межклеточного пространства входят ионы Na^+ и мембрана клетки деполяризуется, а в следующее мгновение возрастает проницаемость мембраны для ионов K^+ и они, покидая клетку, возвращают потенциал на мембране к уровню покоя, т. е. -70 мВ.

Через какие «дырки» проходит поток ионов? Почему эти «дырки» могут открываться и закрываться?

Оказывается, в клеточной мембране возбудимых клеток располагаются особые белковые молекулы, образующие ионные каналы. Как же устроен, например, **натриевый канал**? Когда клетка находится в состоянии покоя, этот канал закрыт (рис. 2.6, а). Если же клетку раздражают каким-либо внешним стимулом, то потенциал покоя на мембране начинает сдвигаться от -70 мВ к -50 мВ. Для большинства нервных клеток достаточно сдвига потенциала покоя на 20 мВ (т. е. до -50 мВ) для того, чтобы пространственная конфигурация белковой молекулы канала уменьшилась и внутрь клетки начали бы поступать положительно заряженные ионы Na^+ . Происходит это из-за того, что часть молекулы канала (которую называли *активационной створкой канала*) сдвигается и открывает канал для ионов Na^+ (рис. 2.6, б). Однако в следующее мгновение другая часть канальной молекулы белка (названная *инактивационной створкой канала*) перекрывает движение ионов через канал (рис. 2.6, в).

Натриевый канал находится в открытом состоянии всего 1 мс, но за это время через него в клетку успевает пройти около 6 тыс. ионов Na^+ . Конечно,

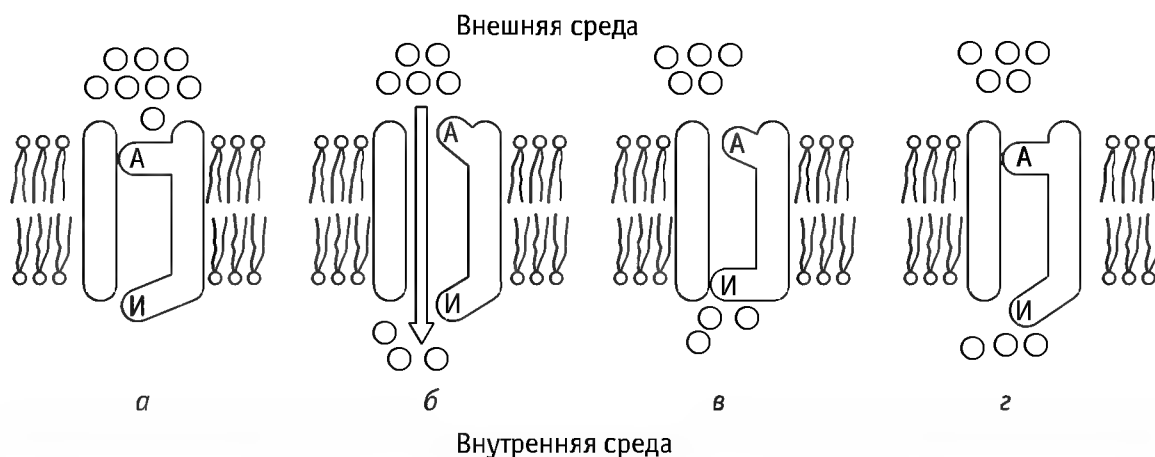


Рис. 2.6. Схема работы натриевого канала:

а — канал закрыт; б — канал открыт; в — канал инактивирован; г — канал возвращен в исходное состояние и готов к работе. А — активационная створка; И — инактивационная створка

работа одного канала не может заметно деполяризовать клетку, но натриевых каналов на мембране возбудимых клеток очень много — около 100 на площади в 1 мкм^2 (мкм — *микрометр*, т. е. одна миллионная часть метра). После срабатывания канал за несколько миллисекунд возвращается в исходное состояние и может открыться снова, если клетка подвергнется раздражению (рис. 2.6, г). Но для того, чтобы Na^+ -канал перешел из состояния, изображенного на рис. 2.6, в, в состояние, изображенное на рис. 2.6, а, необходимо, чтобы потенциал на мембране достиг потенциала покоя. Восстановление потенциала покоя на мембране осуществляется благодаря тому, что сразу же после закрытия натриевого канала через свои особые каналы выходят положительно заряженные ионы K^+ . К а л и е в ы е к а н а л ы действуют по тем же принципам, что и натриевые, однако у них есть только о д н а створка, которая открывает и закрывает путь ионам K^+ из клетки.

Ионные каналы обладают и з б и р а т е л ь н о с т ь ю: пропускают только «свои» ионы. Так, K^+ не может проходить через натриевые каналы, и наоборот. Правда, бывают и исключения. Например, ионы лития (Li^+) очень хорошо проходят через натриевые каналы внутрь возбудимых клеток (даже немного лучше, чем сам натрий).

В настоящее время открыто несколько видов натриевых и калиевых каналов. Они различаются величиной порога «открывания», скоростью «открывания — закрывания», пропускной способностью для ионов и некоторыми другими характеристиками. Существуют также и особые каналы для других ионов, например для Ca^{2+} и Cl^- . Об этих каналах будет сказано далее.

Природа создала несколько ядов, способных блокировать работу ионных каналов. Один из сильнейших ядов содержится в тканях рыбы-иглобрюха, называемой японцами рыбой фугу. У этих тропических рыб особенно ядовиты печень и икра. Несмотря на это, мясо иглобрюхов является деликатесом японской кухни. Правда, в настоящее время все повара, готовящие блюда из фугу, должны пройти особую подготовку и получить разрешение для работы с ее мясом. Яд из тканей этих рыб называется тетродоксином, и достаточно попадания в организм всего лишь половины миллиграмма токсина, чтобы человек погиб. Для сравнения: знаменитый цианистый калий приблизительно в 100 раз менее ядовит. Тетродоксин действует с наружной стороны натриевого канала, блокируя вход в него натрия. В результате генерация потенциала действия становится невозможной, что приводит к расслаблению мускулатуры и параличу дыхания. До сих пор в Японии и некоторых других странах Юго-Восточной Азии в год регистрируется около 100 случаев отравления неправильно приготовленным мясом фугу. Около 70 случаев отравления заканчиваются смертью гурманов.

Еще более страшный яд содержится в коже внешне совершенно безобидных лягушек из рода листолазов, живущих в Южной Америке. Этот яд, называемый батрахотоксином, ядовитее цианистого калия в 500 раз! А одна маленькая лягушка носит в коже столько яда, что им можно погубить до 350 человек. Батрахотоксин блокирует натриевый канал в момент его открытия, после чего он не может закрыться, и натрий, поступая в клетку без ограничений, приводит к ее перевозбуждению. В результате, как правило, первой не выдерживает сердечная мышца, и сердце останавливается.

2.5

ПРОВЕДЕНИЕ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА

В начале этой главы говорилось о том, что возникшее в результате раздражения возбуждение нервной клетки способно распространяться по ее длинному отростку — аксону. Ведь нейрон возбуждается для того, чтобы передать информацию другой клетке (другому нейрону).

Каким образом сигнал распространяется по нервному волокну?

Первая мысль, которая возникла у исследователей этой проблемы, была очень проста: аксон является кабелем,

по которому, как по металлической проволоке, течет ток. Точно так же, как по электрическим проводам. Однако электрический ток распространяется по проводу со скоростью света — около $3 \cdot 10^8$ м/с. Скорость же распространения «животного электричества» меньше в миллионы раз. Г. Гельмгольц

в 1845 г. установил, что по нервам лягушки электрический сигнал идет со скоростью 30 м/с. В настоящее время установлено, что самые высокоскоростные аксоны способны проводить нервный импульс со скоростью 120 м/с, но и эта скорость слишком мала для скорости электрического тока. Есть и еще одно сомнение в том, что нервное волокно может являться электрическим кабелем. Ведь электрический кабель — это металлическая проволока с очень маленьким сопротивлением, окруженная изоляцией, и электрический ток не может «утечь» в окружающую среду. А нервное волокно имеет довольно высокое сопротивление и окружено межклеточной жидкостью, которая обладает очень маленьким сопротивлением и прекрасно проводит электрический ток. Таким образом, ток из нервного волокна будет идти туда, где сопротивление ниже и просто рассеется в окружающей волокно среде.

Первым понял механизм распространения сигнала по нервному волокну тот самый ученик Дюбуа-Реймона Л. Герман, который отрицал существование потенциала покоя. Задолго до разработки мембранной теории (1879 г.) Герман предположил, что токи, возникающие в том месте, где волокно возбуждено, «затекают» на соседние, пока еще невозбужденные участки и играют роль раздражителей для этих участков. В результате возбуждение перемещается по волокну в следующую его часть, которая, в свою очередь, становится раздражителем для соседнего невозбужденного участка, и т. д. (рис. 2.7). Токи, которые распространяются вблизи возбужденной области нервного волокна, Герман назвал *местными токами*, поэтому эту теорию распространения потенциала действия и назвали *теорией местных токов*. Если раздражать нервное волокно в какой-то точке, то возбуждение будет распространяться в обе стороны от того места, где возник потенциал действия. В природных условиях возбуждение возникает в самом теле нейрона и распространяется по аксону от тела нейрона до окончаний этого аксона (рис. 2.8, а).

От каких факторов зависит скорость проведения возбуждения по нервному волокну?

Во-первых, скорость проведения потенциала действия зависит от диаметра аксона: чем диаметр больше, тем скорость проведения выше. Можно считать, что скорость проведения возбуждения пропорциональна квадратному корню из радиуса волокна. Например, скорость проведения по волокну

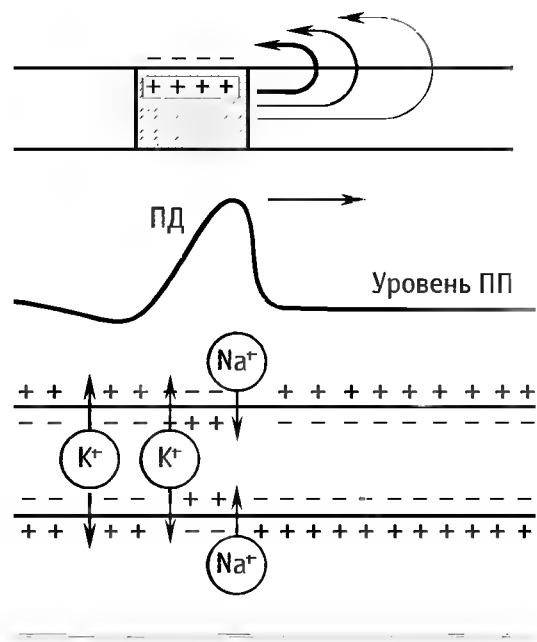


Рис. 2.7. Проведение потенциала действия по нервному волокну

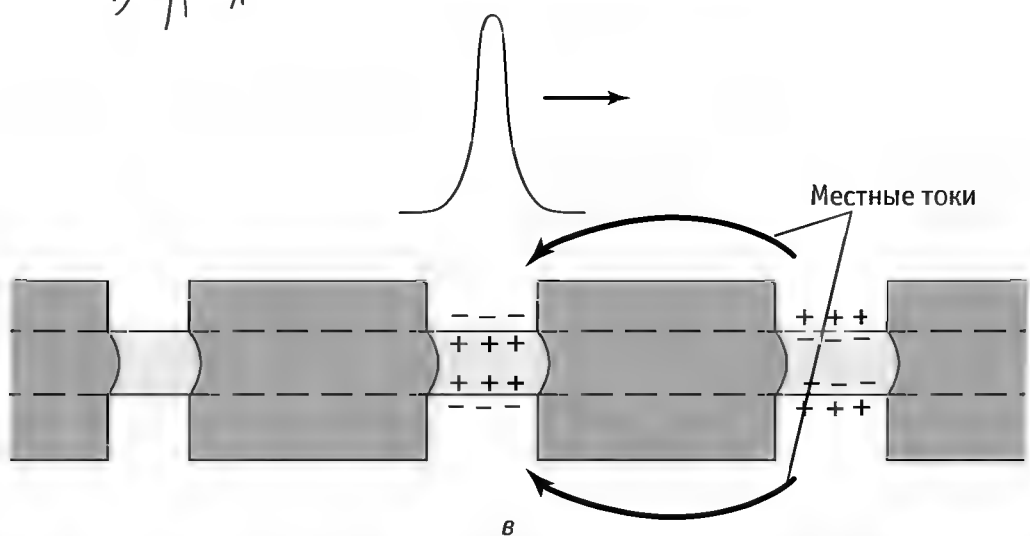
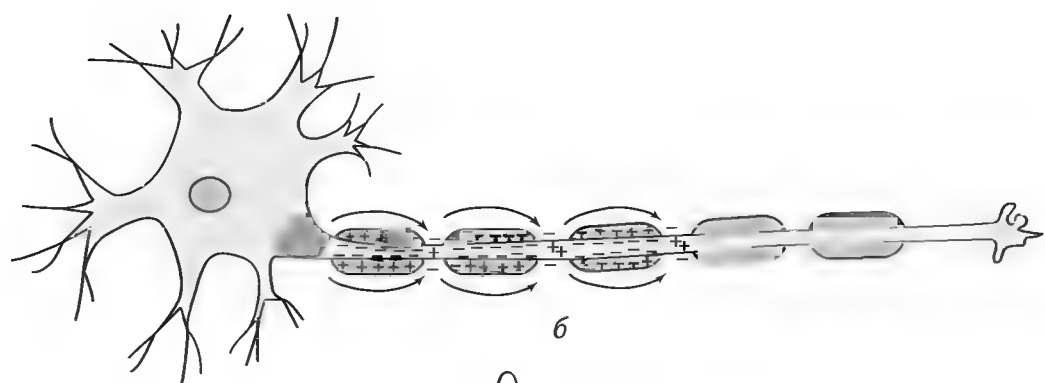
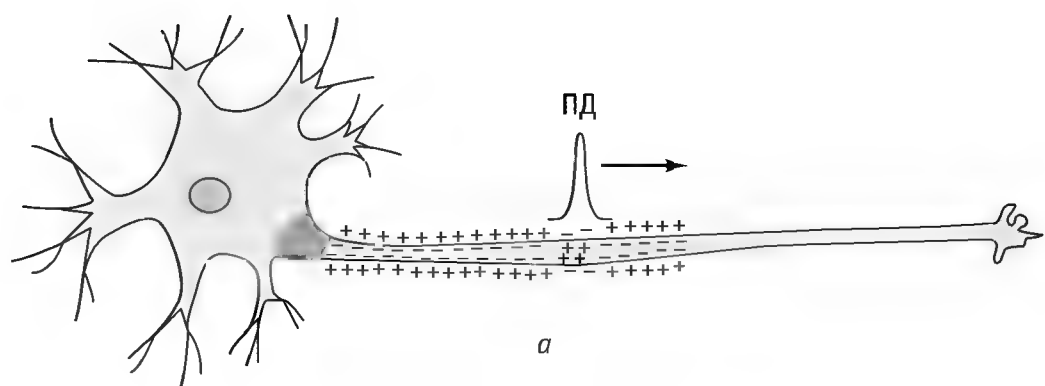


Рис. 2.8. Распространение АД по немиелинизированному волокну (а), по миелинизированному волокну (б) и местные токи, возникающие в миелинизированном волокне (в)

диаметром в 1 мкм составляет около 1 м/с, а по гигантскому аксону кальмара, диаметр которого достигает одного миллиметра, — уже 10 м/с. Гигантские нервные волокна обнаружены и у многих других беспозвоночных животных: пиявок, дождевого червя, ракообразных. Все эти «быстрые» волокна задействованы для передачи самых важных, жизненно необходимых сигналов.

Однако природа не могла увеличивать толщину нервных волокон — аксонов нервных клеток — до бесконечности. А повысить скорость проведения сигнала было необходимо... Ведь от нее зависит и быстрота принятия решений, и скорость выполнения этих решений. Мозг человека образован приблизительно 10 млрд нейронов. Представьте себе, какого размера был бы мозг, если бы аксоны этих нейронов имели толщину 2—3 мм! Поэтому природа пошла по другому пути увеличения скорости проведения нервного импульса.

В о - в т о р ы х, у позвоночных животных «высокоскоростные» нервные волокна похожи на ниточку бус (рис. 2.8, б). На нервное волокно через равные промежутки «намотаны» изолирующие обмотки, образованные особыми клетками — *шванновскими*. Названы они в честь их первооткрывателя Теодора Шванна — одного из создателей клеточной теории. В период формирования нервной системы шванновские клетки начинают обматываться вокруг аксона, образуя изолирующие оболочки из нескольких слоев своих мембран. Такие оболочки называются *миелиновыми*.

Длина одного миелинизированного участка — 1—2 мм; немиелинизированные промежутки между ними имеют очень маленькую длину — всего 0,5 мкм. В мембране под миелиновыми «обмотками» почти нет натриевых каналов, зато их очень много в промежутках, названных *перехватами Ранвье*. На мембране этих перехватов число натриевых каналов достигает 12 тыс. на 1 мкм². При проведении возбуждения в таком волокне локальные токи «затекают» с возбужденного перехвата Ранвье на следующие, еще не возбужденные перехваты, под миелином же волокно совсем не возбуждается, что резко ускоряет проведение нервного импульса (рис. 2.8, б, в). Например, волокна, по которым возбуждение достигает наших мышц, имеют диаметр всего-то 20 мкм, но они покрыты миелином и скорость проведения возбуждения по ним достигает 100 м/с. Эти волокна тоньше в 100 раз волокон кальмара, а скорость проведения по ним в несколько раз выше, чем у головоногого.

Конечно, не все нервные волокна у человека способны проводить нервные импульсы так быстро. Например, скорость проведения информации от болевых рецепторов в мозг составляет всего 1 м/с.

Кстати, это легко проверить. Если сильно удариться ногой, то ощущение прикосновения к твердому предмету возникает мгновенно, так как информация от механических рецепторов передается по «быстрым» волокнам. А вот ощущение боли придет только через доли секунды — эта информация распространяется по «медленным» волокнам. И поэтому достигает болевых центров головного мозга с некоторым опозданием.

Проведение возбуждения по нервным волокнам можно заблокировать с помощью так называемых *местных анестетиков*, к которым относится кокаин и множество его аналогов — новокаин, лидокаин и др. Все эти вещества прекращают проведение по аксонам, блокируя натриевые каналы в мембране волокна. Блокада зависит от диаметра волокна: сначала прекращается проведение нервного импульса по самым тонким и чувствительным аксонам, в частности по тем, которые проводят болевую информацию, но при больших дозах лекарств перекрывается проведение и по более крупным волокнам, которые идут из мозга к мышцам. Если большие количества местных анестетиков вводят неправильно и они попадают в мозг, то возможна быстрая остановка дыхания, что, естественно, приводит к смерти.

К сожалению, существует такое страшное заболевание, как рассеянный склероз. При этой хронической болезни происходит постепенное разрушение миелиновых оболочек аксонов, и проведение потенциалов действия по ним нарушается. Заболевание это довольно редкое и вызывается мутациями в определенных генах, кодирующих работу иммунной системы человека. В результате происходят сбои в выработке антител, и «неправильные» антитела разрушают белки, входящие в состав миелиновых оболочек. Установлено, что мутации, определяющие начало болезни, встречаются главным образом у потомков викингов, т. е. у потомков выходцев из стран Скандинавии и Германии. Поэтому в России рассеянный склероз распространен преимущественно на Севере, Северо-Западе и в Поволжье (где много потомков переселенцев из Германии). Развитию рассеянного склероза способствуют электротравмы, радиационные поражения и ушибы головы. Недаром болезнь довольно часто встречается у людей, занимавшихся в молодости боксом. У больных рассеянным склерозом происходит онемение конечностей, нарушение произвольных движений. Меняется походка. В тяжелых случаях развиваются параличи, страдает память, нарушается ориентация во времени и в пространстве.

2.6

КАК ВОЗБУДИМЫЕ КЛЕТКИ «ОБЩАЮТСЯ» МЕЖДУ СОБОЙ

Теперь мы знаем, что возбудимая клетка, например нервная, в случае воздействия на нее раздражителя достаточной силы способна возбудиться, т. е. в ней возникает потенциал действия, распространяющийся по длинному отростку нейрона, называемому *аксоном*.

Что будет, когда потенциал действия дойдет до конца аксона?

По аксонам потенциал действия достигает других клеток: нервных, мышечных. И может «перенести» воз-

буждение на эти клетки. Тогда и они способны «заработать», т. е. перейти в состояние физиологической активности.

То, что нервная система состоит из великого множества клеток, узнали только к концу 19 в., когда Камилло Гольджи, работавший в Павии (Италия), разработал методы прокрашивания нейронов соединениями серебра. В результате под микроскопом стали видны и тело отдельной нервной клетки, и все ее отростки. До этого считалось, что вся нервная система представляет собой гигантское сплетение волокон и утолщений, т. е. является одной единой структурой. После работ К. Гольджи ученые смогли разглядеть особые контакты между аксонами нейронов и другими клетками. Эти контакты были названы *синапсами*. Такое название дал им в 1897 г. Чарлз Шеррингтон, образовав его от греческого предлога *syn* — с и глагола *apto* — хватать.

Клетки, участвующие в синаптической передаче возбуждения, называют *пресинаптическими* (лежащими перед синапсом) и *постсинаптическими* (лежащими после синапса). Между этими клетками расположена *синаптическая щель* (рис. 2.9).

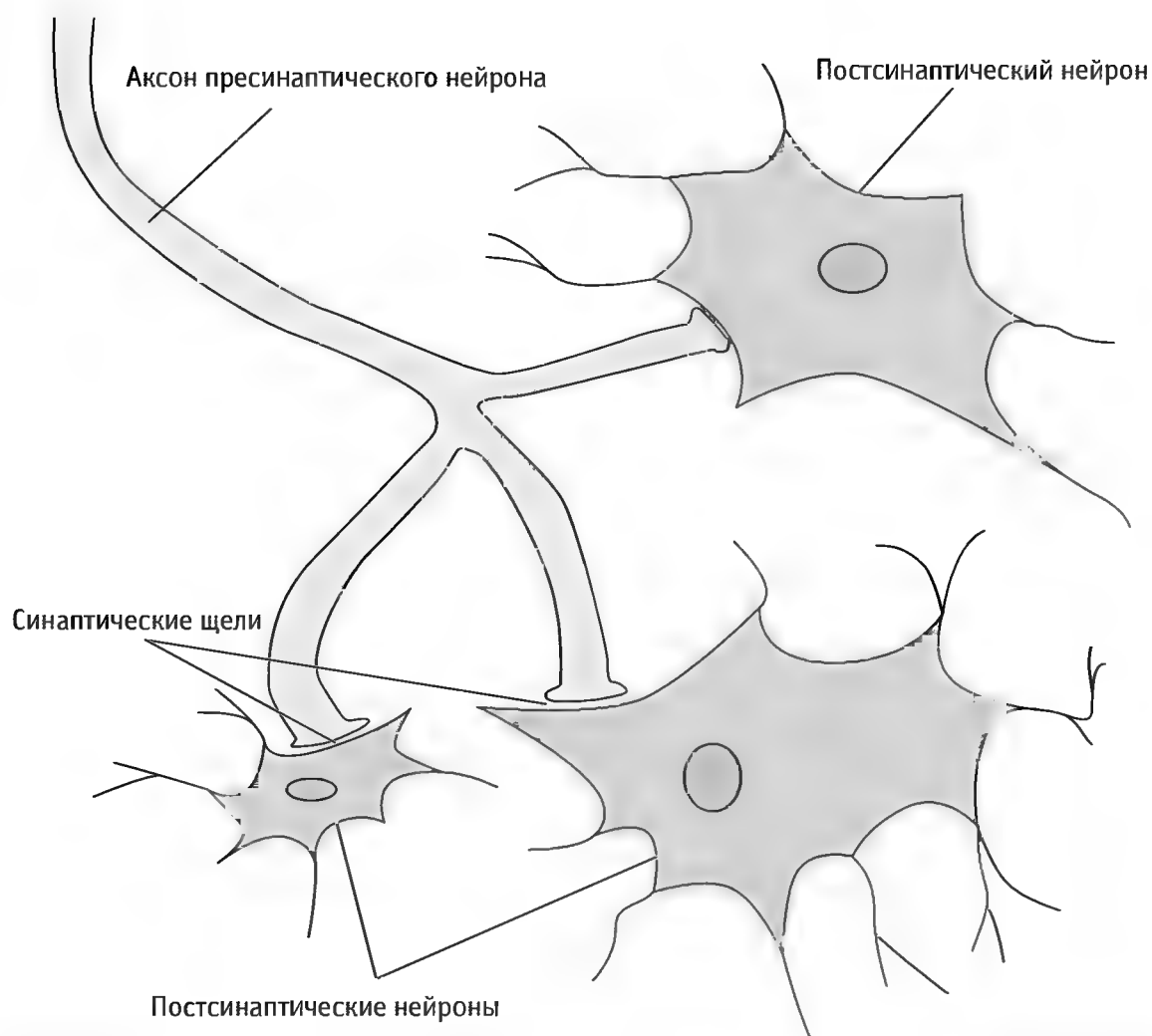


Рис. 2.9. Схема синаптических контактов между нейронами

Как происходит распространение возбуждения через синапс с возбужденной клетки на невозбужденную?

Первым этой проблемой занялся ученик Э. Дюбуа-Реймона Л. Герман. Его идея заключалась в том, что возбуждение с клетки на клетку передается с помощью местных токов, т. е. точно так же, как происходит распространение возбуждения по аксону клетки. Местные токи между противоположно заряженными участками синаптического окончания возбужденной пресинаптической клетки «затекают» на постсинаптическую клетку, открывая в ее мембране натриевые каналы и тем самым возбуждая ее (рис. 2.10).

Л. Герман предсказал существование таких синапсов, названных *электрическими*, однако открыты и изучены они были очень не скоро: только в середине 20 в.

Каковы отличительные признаки такого способа передачи возбуждения?

Сигнал переходит с клетки на клетку очень быстро, со скоростью распространения нервного импульса. Сигнал передается без изменения амплитуды. Электрический синапс способен проводить возбуждение в обе стороны.

Сигнал переходит с клетки на клетку очень быстро, со скоростью распространения нервного импульса. Сигнал передается без изменения амплитуды. Электрический синапс способен проводить возбуждение в обе стороны.

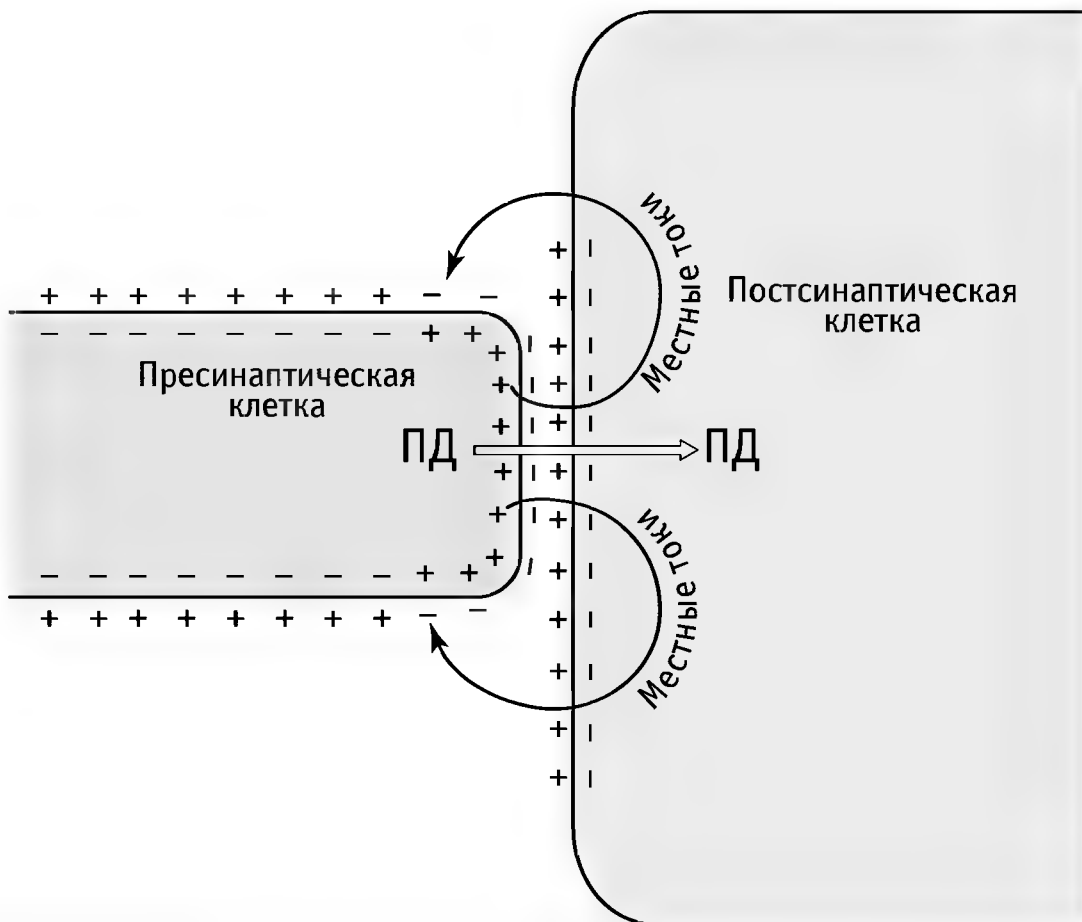


Рис. 2.10. Схема работы электрического синапса

В каких случаях Природа использует такой способ передачи сигнала?

Например, в тех, когда надо очень быстро и одновременно возбудить много клеток, например мышечных.

Когда они все сразу сократятся, произойдет резкое движение. Так обеспечивается движение хвоста у рыб, втягивание жабр в раковину у двухстворчатых моллюсков. В последние десятилетия электрические синапсы обнаружили в мозге млекопитающих, т. е. и у человека, а также у амфибий, червей, птиц. Электрические синапсы обеспечивают слаженные движения гладких мышц, например желудка и кишечника, синхронизируют сокращения сердечной мышцы.

В месте нахождения электрического синапса клетки тесно прижаты друг к другу и в их мембранах образуются особые, так называемые *щелевые контакты*, обеспечиваемые *белками-коннексинами* (рис. 2.11). Когда одна клетка возбуждается и происходит деполяризация ее мембраны, то это приводит к изменению расположения коннексинов как пресинаптической, так и постсинаптической клеток. В результате на мгновение формируется канал из коннексинов, пронизывающий обе мембраны, и по этому каналу ионы устремляются в постсинаптическую клетку, в результате чего она мгновенно возбуждается. Такие электрические синапсы отличаются высокой надежностью.

Однако чаще электрических синапсов в организме животных встречаются так называемые *химические синапсы*. В них передача сигнала от клетки к клетке осуществляется при помощи особых химических веществ — *медиаторов*. Существование этих синапсов сначала было предсказано теоретически, так как результаты экспериментов показывали, что в большинстве синапсов, например при передаче возбуждения с нерва на мышцу, происходит пусть и небольшая, но все-таки задержка прохождения сигнала через си-

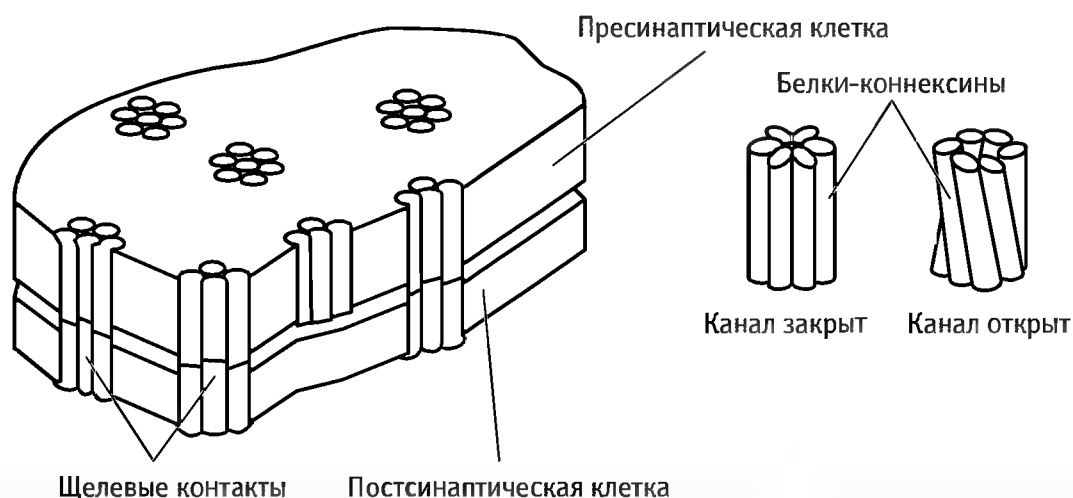


Рис. 2.11. Схема строения щелевых контактов

напс. А это значит, что имеют место не только мгновенные электрические процессы, но и происходит что-то еще.

Первые экспериментальные доказательства существования химических синапсов предоставил австралийский физиолог Отто Леви в 1921 г. Он раздражал электрическим током веточку блуждающего нерва, подходящего к изолированному сердцу лягушки. Под действием импульсов сердце лягушки уменьшило частоту своих сокращений. Затем О. Леви выкачал содержимое желудочка сердца и перенес его в изолированное сердце другой лягушки. Второе сердце также стало сокращаться реже. Отсюда был сделан вывод о том, что при раздражении блуждающего нерва из его окончаний в первое сердце выделялось какое-то химическое вещество, которое тормозило его работу. Довольно скоро удалось определить, что это вещество — *ацетилхолин*. Ацетилхолин был открыт первым из целого ряда химических посредников передачи информации от клетки к клетке — медиаторов. Да, именно и н ф о р м а ц и и, а не в о з б у ж д е н и я. Дело в том, что одни медиаторы, выделяясь из синаптических окончаний, действительно возбуждают постсинаптическую клетку, а другие, наоборот, блокируют ее деятельность, т. е. тормозят. Такие синапсы называются *тормозными*.

Лучше всего изучены так называемые *нервно-мышечные синапсы* — синапсы, через которые возбуждение передается с нервных клеток на мышечные. Мышечные клетки возбуждаются и сокращаются, приводя отдельные части организма, а то и весь организм, в движение.

Как устроен нервно-мышечный синапс?

Аксон двигательного нейрона, подходя к поперечнополосатой мышце, разветвляется и образует на ее поверхности утолщения — *синаптические окончания* (рис. 2.12). Синаптические окончания очень малы: их диаметр 1—2 мкм. В пресинаптическом окончании находятся микроскопические пузырьки, стенки которых образованы мембраной. Внутри этих пузырьков, или, как их чаще называют, *синаптических везикул*, находятся молекулы медиатора. В одном пузырьке уместается несколько тысяч и даже десятков тысяч молекул ацетилхолина. Когда потенциал действия, распространяющийся по аксону, достигает синаптического окончания, везикулы приближаются к мембране, встраиваются в нее и осуществляют выброс молекулы медиатора в синаптическую щель. Ацетилхолин воздействует на особые рецепторы, встроенные в мембрану мышечной постсинаптической клетки. Эти рецепторы являются частью ионных каналов. Когда с ними связываются молекулы ацетилхолина, канал открывается и через него в постсинаптическую клетку устремляются катионы Na^+ . В результате попадания в мышечную клетку положительно заряженных частиц она возбуждается и сокращается. Очевидно, что химический синапс устроен гораздо сложнее, чем электрический. Понятной становится и причина задержки

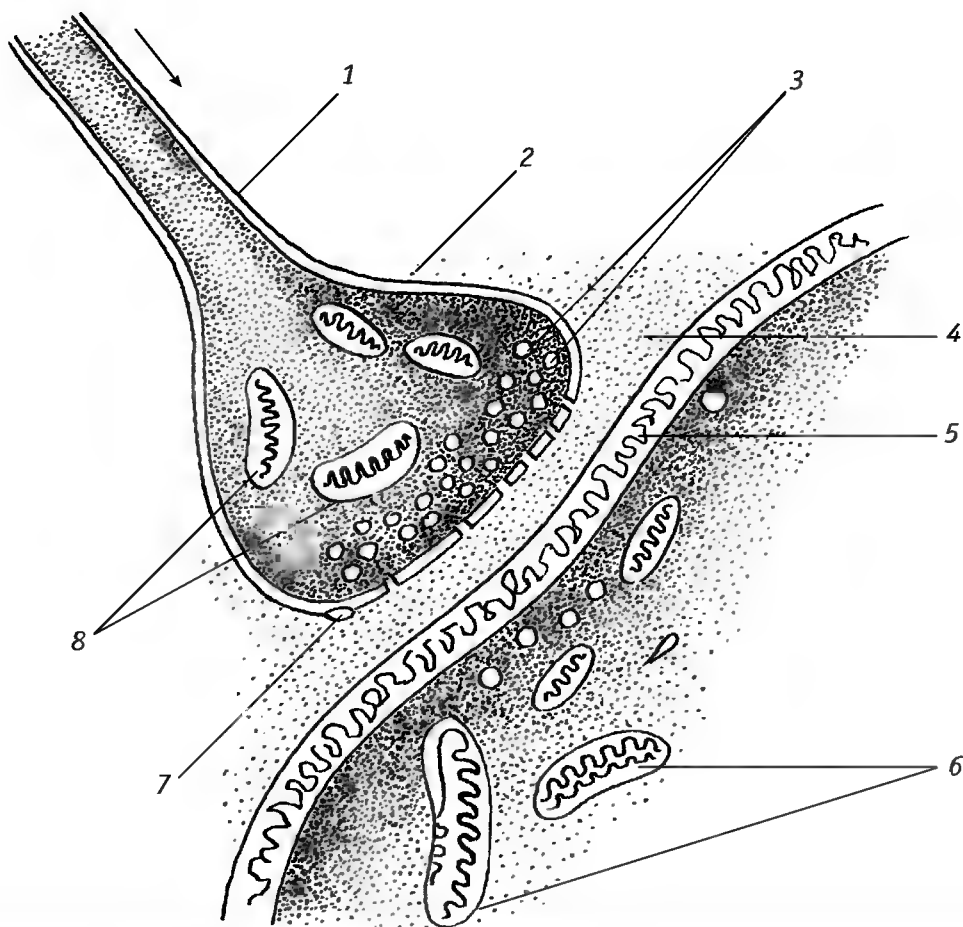


Рис. 2.12. Схема строения химического синапса:

1 — аксон; 2 — синаптическое окончание; 3 — синаптические везикулы; 4 — синаптическая щель; 5 — постсинаптическая мембрана; 6, 8 — митохондрии; 7 — мембрана пресинаптического окончания

проведения сигнала через химический синапс: ведь на выброс медиатора из везикул, прохождение молекул медиатора через щель, взаимодействие этих молекул с рецепторами на постсинаптической мембране необходимо потратить некоторое время.

Почему Природа, или Эволюция, пошла по пути создания химических синапсов, вместо того чтобы повсеместно пользоваться простыми, удобными и быстрыми электрическими синапсами?

Как уже отмечалось, электрические синапсы очень часто пропускают сигнал в обе стороны, а это далеко не всегда удобно. Кроме того, в химических синапсах обнаружен целый набор медиаторов и очень большое количество разновидностей рецепторов к ним на постсинаптических клетках. Следовательно, через химический синапс можно передавать различные сигналы, в частности тормозные. А через электрический синапс сигнал обычно проходит без изменений амплитуды и частоты.

ты. Иными словами, сложную нервную систему невозможно создать на базе только электрических синапсов.

Но чем система сложнее, тем легче ее сломать. И химический синапс не является исключением. Нарушить проведение через нервно-мышечный синапс можно при помощи *кокаина* и его искусственных аналогов: *новокаина*, *прокаина* и др. Эти вещества блокируют проведение нервных импульсов в тонких разветвлениях аксонов, которые оканчиваются синаптическими окончаниями. Потенциал действия при этом не доходит до синаптических бляшек и выброса медиатора не происходит.

Многим из тех, кто лечил зубы, пришлось испытать действие местных анестетиков на себе. Наверное, им запомнилось ощущение онемения мышц лица, вызванное частичной блокадой передачи возбуждения по нервам к синапсам и далее — к мышцам.

Если новокаин приводит лишь к быстропроходящему ощущению онемения, то *тубокурарин*, или, как его чаще называют, *кураре*, вызывает гораздо более сильный и опасный эффект. Тубокурарин вырабатывается в растениях семейства Луносемянниковые. Попадая в кровь, он с ее током достигает нервно-мышечных синапсов и занимает место медиатора ацетилхолина на рецепторах постсинаптической мышечной клетки. В результате ацетилхолин, выделяющийся из пузырьков пресинаптического окончания, не может воздействовать на заблокированные рецепторы, и мышцы перестают сокращаться и расслабляться. У нас в стране не растут растения, содержащие тубокурарин, а вот в Южной Америке индейцы с незапамятных времен смазывают наконечники стрел для охоты этим ядом. Даже при небольшом ранении кураре, попадая в организм животного, парализует его мышцы, лишая возможности двигаться. При отравлении более высокими дозами происходит паралич дыхательных мышц, и животное погибает. Небольшие дозы тубокурарина используют при хирургических операциях в тех случаях, когда необходимо достичь сильного расслабления поперечнополосатых мышц.

Большой набор веществ, блокирующих нервно-мышечную передачу, содержится в ядах различных змей: кобр, аспидов, морских змей. У этих ядов различные точки приложения: одни из них, подобно тубокурарину, блокируют рецепторы к ацетилхолину, другие препятствуют выбросу медиатора в синаптическую щель. Так или иначе яды парализуют жертву и дают возможность змее пообедать без проблем. Особенно быстро действуют на жертву яды морских змей, охотящихся на рыб. Оно и понятно: укушенная рыба может уплыть, забиться между камней, и тогда хищник останется голодным. А на суше укушенный суслик никуда от змеи не денется, можно и подождать несколько минут; так что у наземных змей яды действуют медленнее. Блокирующим действием на нервно-мышечную передачу обладают также яды множества других животных: медуз, моллюсков, паукообразных (в частности, скорпионов), насекомых, иглокожих, рыб.

Еще одним веществом, нарушающим нервно-мышечную передачу и приводящим к параличам, является токсин, выделяемый «палочками» ботулизма. Этот токсин препятствует выходу ацетилхолина из везикул в синаптическую щель. Сами по себе эти бактерии не вызывают заболевание, но, попав в овощные, грибные, мясные или рыбные консервы, домашние копчености, в бескислородной среде начинают активно выделять смертельный яд. Поэтому нельзя употреблять консервы из вздувшихся банок, а любые банки с консервами желательно перед употреблением прогреть несколько минут в кипящей воде — при этом токсин разрушается. Все мясные и рыбные заготовки следует хранить при температуре не выше 10 °С: при низких температурах ботулиновые бактерии неактивны и токсин не выделяют. Ботулиновый токсин, по-видимому, является одним из самых сильных природных ядов. Всего 150—200 г чистого токсина достаточно для того, чтобы убить всех людей на Земле!

Но не всегда опасность приходит извне. Есть целый ряд заболеваний человека, при которых нарушается проведение возбуждения с нервов на мышцы. Одна из таких болезней — **миастения**. При миастении в организме человека вырабатываются «неправильные» антитела, которые уничтожают ацетилхолиновые рецепторы на мембране мышечных клеток, и медиатору становится не с чем взаимодействовать. Постепенно развиваются слабость мышечной системы, параличи. Если болезнь не лечить, она может привести к остановке дыхания из-за паралича дыхательных мышц. Миастения — довольно редкое заболевание, к настоящему времени разработан целый ряд приемов лечения этого недуга.

2.7

АКСОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Еще в те далекие времена, когда только описали строение нейрона, были сделаны интуитивные предположения о том, что по длинному отростку нейрона — аксону могут транспортироваться вещества. Но затем ученые увлеклись исследованием проведения по аксону нервного импульса и возможность транспортной функции аксонов никто не изучал. Но в 50-е гг. 20 столетия Пауль Вейсс установил, что внутри каждого аксона существует сложная система транспорта молекул и частиц различного размера. И это в отростках клеток диаметром всего несколько миллионных долей метра!

Поразительно, но транспортируемые вещества и частицы «знают», в какой «вагон» им надо садиться: аминокислоты (из которых строятся белки) «путешествуют» быстрым транспортом, митохондрии (вырабатывающие и запасующие энергию для клетки) — средней скоростью (около 30 мм/сут), а некоторые молекулы ферментов двигаются совсем медленно.

Оказалось, что вдоль всего аксона протянуты тончайшие микротрубочки, построенные из молекул белка *тубулина*. Эти микротрубочки выполняют роль рельсов. По ним, как по железнодорожным путям, двигаются особые молекулы — *переносчики*, т. е. «вагоны». Причем существует три определенных скорости движения этих переносчиков. Самая большая скорость — 300 мм в сутки, а самая маленькая — 3 мм в сутки. Все эти вещества перемещаются по аксонам от тела нейрона к нервным окончаниям — синапсам. Но кроме того, существует и обратный транспорт — от синапса к телу нейрона. Этот транспорт имеет одну скорость — около 200 мм в сутки.

Ученые установили, что яд *колхицин*, выделенный из растения с мрачным названием безвременник осенний, способен разрушать тубулиновые микротрубочки, служащие «рельсами», и таким образом блокировать аксональный транспорт. Аксональный транспорт прекращается также при нехватке в пище витамина B_1 . При этом развивается болезнь — **полиневрит**, характеризующаяся постепенным разрушением аксонов.

Нормальная работа аксонального транспорта абсолютно необходима для существования нервных клеток и тех органов нашего тела, которые управляются этими нервными клетками. Однако и при нормальной работе аксонального транспорта он может создать нам целый ряд проблем. Дело в том, что от нервных окончаний к телам нейронов, расположенных в центральной нервной системе, путем аксонального транспорта переносятся *столбнячный токсин* и *вирусы*, возбуждающие такие опасные заболевания, как **полиомиелит** и **герпес**. Следует помнить об этом и препятствовать попаданию токсина и вирусов в ранки или на поверхность слизистых оболочек тела, и тогда все будет в порядке.

Итак, теперь мы имеем представление о том, как нейрон возбуждается, проводит нервный импульс и передает сигнал на мышцу. Что происходит дальше? Как мышца сокращается и к чему это сокращение приводит?

КАК РАБОТАЮТ МЫШЦЫ

3.1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Если организм реагирует на какое-либо воздействие, то эта реакция проявляется движением. Других видов реакции не существует. Правда, не все движения хорошо заметны: не обязательно размахивать руками или корчить рожи. Сокращение печеночных протоков или незаметное напряжение мышц при волнении — это тоже движения.

Мышечная система — активная часть опорно-двигательной системы. Мышечные клетки являются возбудимыми образованиями и так же, как нервные клетки, обладают возбудимостью и проводимостью. Однако у них есть еще одно свойство — сократимость: изменение размеров за счет затрат химической энергии. Мышечные клетки способны преобразовывать химическую энергию макроэргических связей АТФ в механическую. За счет этого и происходит движение.

Мышцы составляют приблизительно 40% от веса нашего тела. Анатомы насчитывают в теле человека от 600 до 650 мышц.

Когда маленький человек только появляется на свет, его мышечная масса совсем небольшая — она составляет 25% веса тела; к старости мышцы атрофируются, и их масса уменьшается до величины, свойственной младенцам (25%).

В организме выделяют три типа мышц: поперечнополосатые, гладкие и сердечные.

3.2

СТРОЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦ И ИХ СОКРАЩЕНИЕ

Поперечнополосатые мышцы еще называют *скелетными*, так как большинство из них соединены с костями скелета (рис. 3.1). Самой крупной мышцей человеческого организма является *большая ягодичная*. Она представляет собой треугольник со сторонами по 20 см. Самая маленькая мышца в нашем

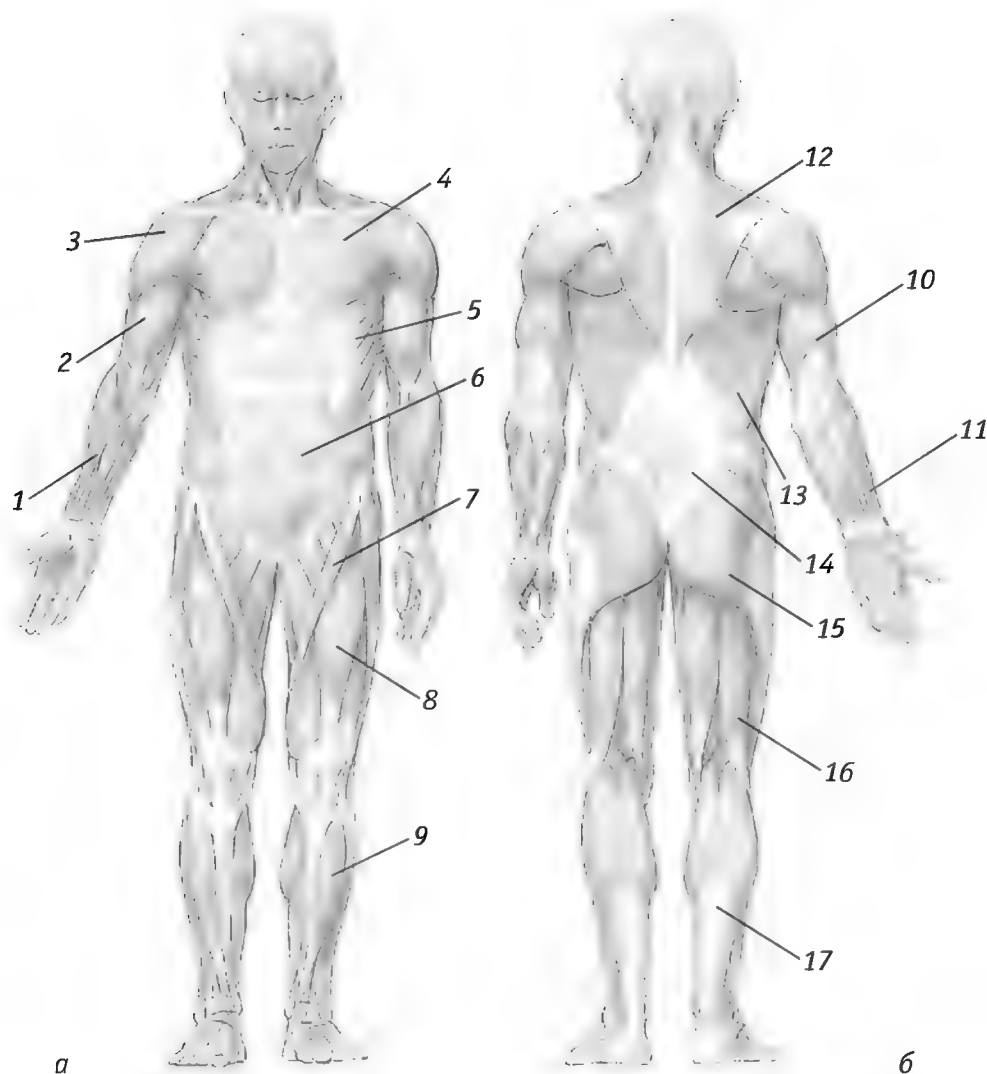


Рис. 3.1. Строение мышечной системы человека:

а — вид спереди.

Мышцы руки: 1 — сгибатели кисти и пальцев; 2 — двуглавая плеча; 3 — дельтовидная. Мышцы туловища: 4 — большая грудная; 5 — зубчатая; 6 — мышцы брюшного пресса.

Мышцы ноги: 7 — портняжная; 8 — четырехглавая бедра; 9 — большеберцовая;

б — вид сзади.

Мышцы руки: 10 — трехглавая плеча; 11 — разгибатели кисти и пальцев. Мышцы туловища: 12 — трапециевидная; 13 — широчайшая спины; 14 — глубокие разгибатели спины;

15 — ягодичные. Мышцы ноги: 16 — двуглавая бедра; 17 — икроножная

теле — одна из мышц, прикрепленных к косточке среднего уха — стремечку. Длина этой мышцы всего-то 1,27 мм.

Поперечнополосатые мышцы сокращаются *произвольно*, т. е. по нашему желанию. Сокращение происходит в том случае, когда к мышце приходят электрические импульсы из соответствующих отделов нервной системы (рис. 3.2).

Скелетные мышцы прикреплены к костям своими *сухожилиями*. Большинство скелетных мышц обеспечивают движение какого-либо сустава, делясь на *сгибатели*, *разгибатели*, *приводящие сустав*, *отводящие сустав*, *вращатели сустава*.

Обычно в любом движении сустава участвуют несколько групп мышц. Мышцы, совместно участвующие в каком-либо движении сустава, называют *синергистами*, а мышцы, участвующие в движении этого же сустава в противоположном направлении, — *антагонистами*. Например, в локтевом суста-

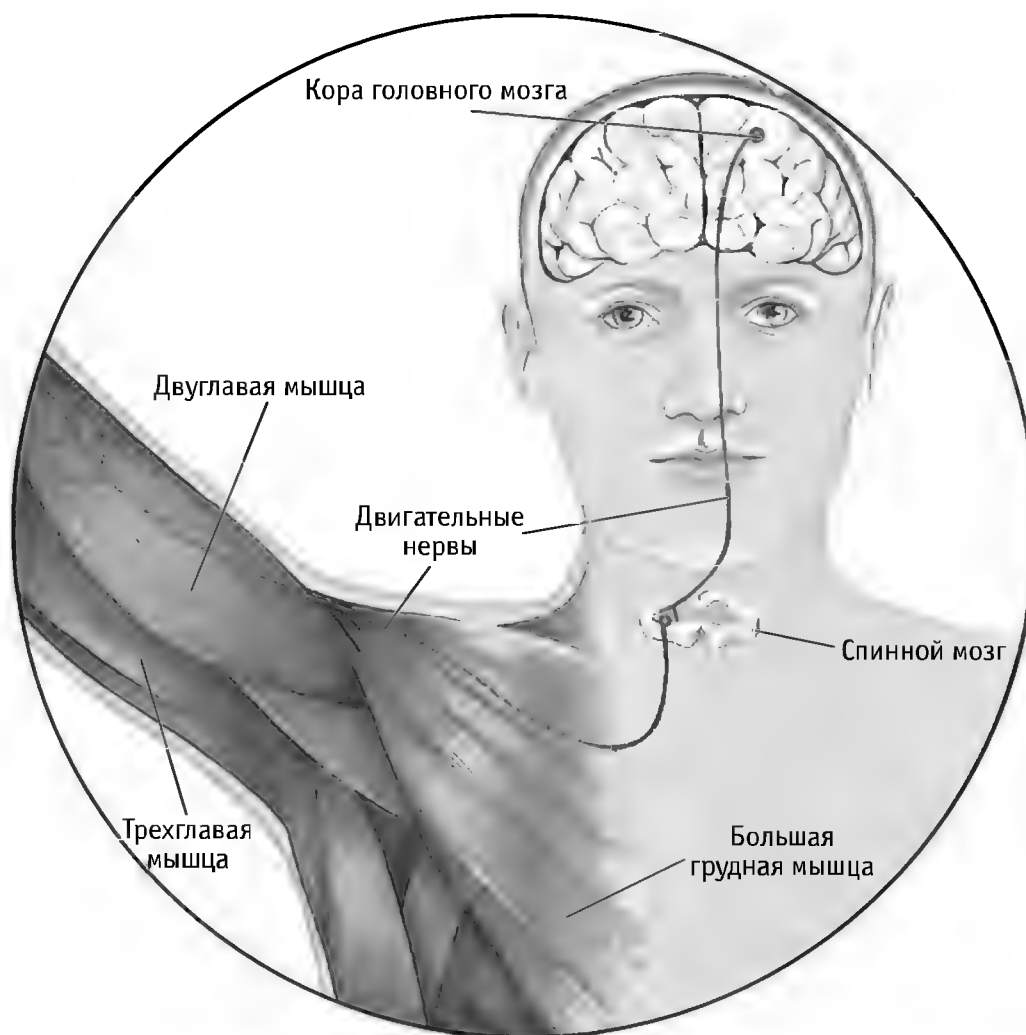


Рис. 3.2. Схема нервной регуляции произвольного движения руки.

Импульсы из коры больших полушарий идут к мышцам противоположной стороны тела

ве сгибатель — *двуглавая мышца* и разгибатель — *трехглавая мышца* являются антагонистами (рис. 3.3).

Так как работа каждого сустава находится под контролем высших отделов нервной системы, работа всех групп мышц, обслуживающих какой-либо сустав, происходит согласованно. Например, если необходимо согнуть локтевой сустав, то двуглавая мышца сокращается, а разгибатель — трехглавая — соответственно расслабляется, чтобы не мешать движению сустава. Если же двуглавая и трехглавая мышцы сократятся одновременно, развивая одинаковое усилие, то локтевой сустав зафиксируется в определенном положении.

Чем сложнее движения, совершаемые какой-либо частью нашего тела, тем больше мышц нужно для обеспечения точности этих движений. Например, в состав кисти руки входит 37 мышц, а богатство мимики человека создается усилиями 18 мышц.

Каждая мышца покрыта соединительнотканной оболочкой, отделяющей ее от других мышц. Эти оболочки входят в состав сухожилий, которые образованы очень прочными соединительнотканными оболочками, сросшимися с костью. При травмах сухожилие обычно не разрывается, а отрывается



Рис. 3.3. Движение локтевого сустава:

1 — двуглавая мышца; 2 — трехглавая мышца; 3 — спинной мозг

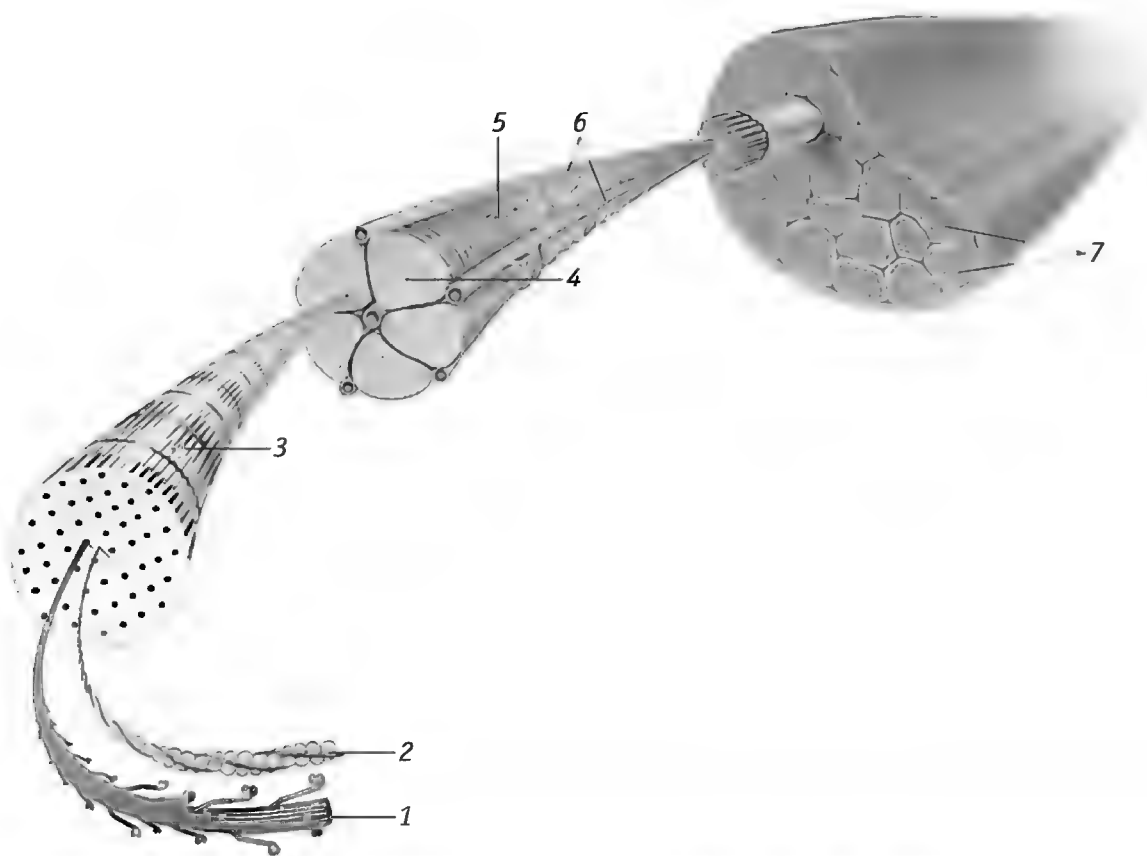


Рис. 3.4. Строение поперечнополосатой мышцы:

1 — миозиновая нить; 2 — актиновая нить; 3 — миофибрилла; 4 — мышечное волокно, состоящее из миофибрилл; 5 — ядро мышечной клетки; 6 — кровеносные сосуды; 7 — пучки мышечных волокон

от мышцы или кости. Сухожилие четырехглавой мышцы, например, способно выдержать нагрузку около 600 кг!

Образованы мышцы длинными многоядерными цилиндрическими клетками — мышечными волокнами (рис. 3.4). Диаметр этих клеток колеблется от 5 до 100 мкм, длина достигает 10—12 см.

Каждое волокно в свою очередь состоит из множества тончайших нитей, способных к сокращению, — *миофибрилл*. Миофибриллы в мышечном волокне расположены параллельно. Под микроскопом при большом увеличении видно, что миофибрилла поперечно исчерчена, т. е. в ней чередуются темные и светлые участки, образующие повторяющиеся вдоль миофибриллы одинаковые области — *саркомеры*. Каждая миофибрилла состоит из многих тысяч последовательно соединенных саркомеров. Они отделены друг от друга так называемыми *Z-пластинами*. Длина каждого саркомера около 2,5 мкм. Саркомер образован нитями двух видов белков — *актина* и *миозина*. Нити актина прикреплены к Z-пластинам, а между ними расположены более толстые нити миозина. На поперечном разрезе миофибриллы видно, что каждая нить миозина окружена шестью нитями актина.

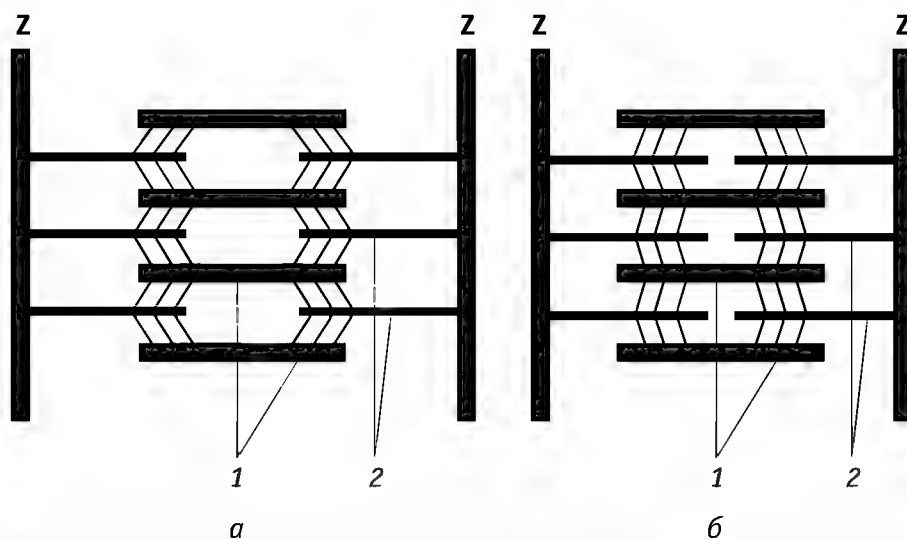


Рис. 3.5. Сокращение мышцы:

а — миофибрилла в расслабленном состоянии; *б* — миофибрилла в сокращенном состоянии: 1 — нити миозина; 2 — нити актина

Когда из центральной нервной системы по аксону нейрона приходит нервный импульс, то из утолщения на конце аксона, расположенного на поверхности мышечного волокна, выделяется небольшое количество особого химического вещества — медиатора. Медиатором в синапсах скелетных мышц, как мы уже знаем, является ацетилхолин. Под действием ацетилхолина состояние актина и миозина меняется, и нити миозина начинают проникать глубже в промежутки между нитями актина. Таким образом, каждый саркомер укорачивается примерно в два раза, Z-пластины сближаются, и все мышечное волокно укорачивается или сокращается (рис. 3.5). Если сократилось большое количество волокон какой-либо мышцы, то и вся она сокращается, утолщаясь при этом. Как только действие ацетилхолина прекращается, происходит расслабление мышцы: миозин выходит из промежутков между нитями актина, длина всех саркомеров и, следовательно, длина мышечной клетки возвращается к исходной.

3.3

РАБОТА ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦ

На работу мышц тратится большое количество АТФ. Вот почему содержание этого вещества в мышцах заметно выше, чем в клетках большинства органов. Скелетные мышцы способны развивать значительные усилия. Так, одно мышечное волокно, сокращаясь, может поднять груз весом до 200 мг. Считает-

ся, что во всех мышцах человека содержится около 30 млн волокон. Следовательно, все мышцы человека, сократясь одновременно, способны создать усилие в 30 т! Однако это только теоретический расчет, ведь все мышцы не могут сократиться одновременно ни при каких условиях. Но тем не менее мышцы тренированных людей способны развивать фантастические усилия. Например, атлет-супертяжеловес смог выжать на спине штангу весом 2844 кг. Это без малого три тонны! Если же человек находится в состоянии сильного возбуждения, то его физические возможности достигают порой невероятного уровня.

Во время землетрясения в Японии мать вытащила ребенка из-под завала, подняв голыми руками бетонную плиту, которую потом смогли сдвинуть лишь подъемным краном.

Как усилить свои мышцы?

В о - п е р в ы х, под влиянием постоянных тренировок мышечные клетки постепенно увеличиваются в размерах. Это происходит за счет активного синтеза новых молекул сократительных белков — актина и миозина. Чем крупнее мышечная клетка, тем большее усилие она способна развивать, а значит, мышцы становятся сильнее. В о - в т о р ы х, необходимо тренировать нервные центры, управляющие мышцами, для того чтобы эти центры смогли одновременно вовлекать в работу большее число мышечных клеток. Этот процесс называется *синхронной активацией мышц*.

Но мышцы не могут сокращаться бесконечно. Чем чаще сокращается какая-либо мышца и чем выше на нее нагрузка, тем быстрее развивается ее утомление. *Утомлением* называется временное снижение работоспособности мышц. П р и ч и н ы у т о м л е н и я мышц заключаются в том, что при работе в них накапливаются продукты обмена, препятствующие их нормальному сокращению: молочная кислота, фосфорная кислота, калий и др.; кроме того, при длительной работе наступает утомление в тех отделах мозга, которые управляют движениями. Однако при кратковременном прекращении работы, т. е. за время отдыха, работоспособность мышц быстро восстанавливается, так как кровь удаляет из них вредные продукты обмена. У тренированных людей это происходит очень быстро. У людей, не напрягающих свой организм физическими упражнениями, кровоток в мышцах слабее, поэтому продукты обмена выносятся медленно, и после физических нагрузок люди долго ощущают боль в мышцах.

Утомлению подвержены и нервные центры, управляющие мышечными движениями. Причем «утомляются» они даже быстрее, чем сами мышцы. Был поставлен следующий опыт. Студентам подвешивали на палец руки груз и подсчитывали, сколько раз они смогут согнуть палец, поднимая этот груз до полного утомления. Через несколько дней (когда мышцы хорошо отдохнули) студенты должны были в течение шести часов сдавать зачеты. Все это

время они, естественно, никаких грузов не поднимали. Но когда после сдачи зачетов им на пальцы подвесили тот же грузик и попросили сокращать мышцы, поднимая его, выяснилось, что утомление развивается значительно быстрее, чем раньше. Значит, уставший мозг не смог эффективно управлять самой элементарной работой мышц.

Коэффициент полезного действия мышц не очень высок, и значительная часть затраченной ими энергии уходит на выработку тепла. И это вовсе не плохо. Ведь нам надо поддерживать постоянную температуру тела. А где взять тепло? Вот мышцы нас теплом и обеспечивают. Вспомните, когда нам холодно, мы начинаем подпрыгивать, хлопать себя руками и т. п. Таким образом мы заставляем мышцы интенсивнее сокращаться, а значит — вырабатывать больше тепла.

В естественных условиях мышца сокращается рефлекторно под действием импульсов, приходящих из центральной нервной системы. Примером сгибательных рефлексов может служить *к о л е н н ы й р е ф л е к с* (рис. 3.6). Рецепторы этого простейшего двигательного рефлекса лежат в сухожилиях мышц. Когда невропатолог ударяет молоточком по сухожилию, рецептор растяжения возбуждается и посылает нервные импульсы в спинной мозг. *Рецептор* представляет собой окончание аксона *чувствительного (афферентного) нейрона*. Тела этих нейронов находятся в специальных узлах, распо-

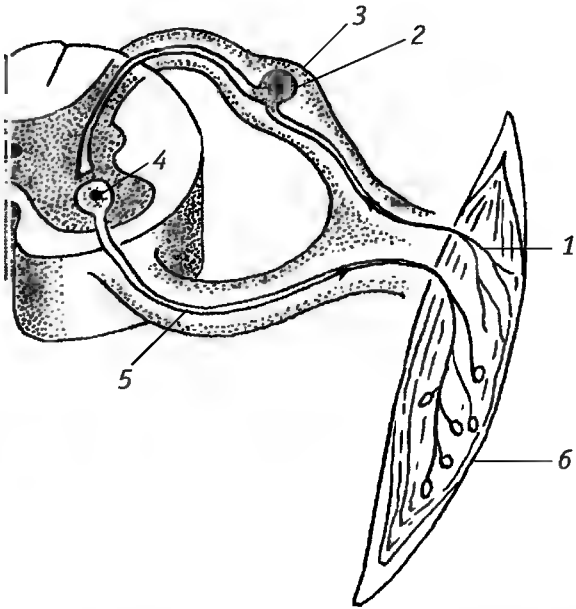


Рис. 3.6. Схема дуги коленного рефлекса:

1 — рецептор; 2 — чувствительный нерв; 3 — чувствительный нейрон в спинномозговом ганглии; 4 — двигательный нейрон в передних рогах спинного мозга; 5 — двигательный нерв; 6 — рабочий орган (мышца)

ложенных вдоль спинного мозга. По аксону чувствительного нейрона возбуждение (сигнал о том, что сухожилие растянуто) достигает *двигательного (эфферентного) нейрона*, или *мотонейрона*. Тела мотонейронов расположены в передних рогах спинного мозга. Мотонейрон возбуждается, и по его аксону возбуждение достигает ноги, мышца возбуждается и сокращается. Аксон мотонейрона ветвится в мышце, образуя *нервно-мышечные окончания (синапсы)* на нескольких мышечных волокнах. Мотонейрон и те мышечные волокна, которыми этот мотонейрон управляет, вместе называются *двигательной единицей*. В глазных мышцах, выполняющих очень точные движения, один мотонейрон управляет всего 2—5 мышечными волокнами, т. е. двигательная единица очень малень-

кая. В мышцах пальцев руки в двигательной единице содержатся 10—20 мышечных волокон. В икроножной мышце, которая не должна совершать очень точных движений, двигательная единица включает до 1000 волокон.

Характер сокращения мышцы зависит от того, с какой частотой поступают к мышечным волокнам импульсы по аксонам мотонейронов. Если сокращение нужно лишь для поддержания позы, то частота поступающих импульсов равна 5—20 имп/с, если же необходимо достичь резкого сильного длительного сокращения, то эта частота составляет приблизительно 50 имп/с.

3.4

ГРУППЫ ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦ

Мышцы верхней конечности разделяют на:

- 1) мышцы пояса верхних конечностей;
- 2) мышцы свободной верхней конечности.

Мускулатура пояса верхней конечности соединяет лопатку и ключицу с костями грудной клетки. Она обеспечивает движение в области плечевого сустава.

Мускулатура свободной верхней конечности включает мышцы плеча, обеспечивающие движение в плечевом и локтевом суставах; мышцы предплечья, являющиеся сгибателями и разгибателями кисти и пальцев; мышцы кисти, обеспечивающие движение пальцев.

Мышцы нижней конечности включают:

- 1) мышцы таза;
- 2) мышцы свободной нижней конечности.

К мышцам таза относят мышцы, начинающиеся на тазовых костях и прикрепляющиеся к бедренной кости. Они участвуют в движении тазобедренного сустава, а также в поддержании вертикального положения тела.

К мышцам свободной нижней конечности относят мышцы бедра, сгибающие и разгибающие бедро и голень, а также участвующие в движении тазобедренного сустава; мышцы голени, сгибающие и разгибающие стопу; мышцы стопы, участвующие в движении подошвы, пальцев и т. д.

Мышцы туловища делят на мышцы спины, груди и живота. Мышцы спины участвуют в движении конечностей, обеспечивают вертикальность тела, наклоны и повороты туловища, принимают участие в движениях головы и шеи. Мышцы груди осуществляют движения верхних конечностей, межреберные грудные мышцы обеспечивают дыхательные движения. К мышцам груди относят также и диафрагму — мышцу, разделяющую полость тела на грудную и брюшную полости. Диафрагма имеет три отверстия, через которые проходят пищевод и два крупных сосуда — аорта и нижняя полая вена.

Диафрагма участвует в дыхании. Когда к ее мышечным волокнам приходят импульсы от нейронов дыхательного центра, она опускается, и объем грудной клетки увеличивается для вдоха. *Мышцы живота* образуют стенки брюшной полости. Они защищают находящиеся в ней органы и участвуют в сгибании и поворотах туловища.

Мышцы шеи наклоняют и поворачивают голову, кроме того, они способны поднимать две верхние пары ребер, участвуя в дыхательных движениях. Мышцы этой группы образуют также нижнюю стенку ротовой полости, опускают нижнюю челюсть и могут изменять положение гортанных хрящей и языка, участвуя в произнесении некоторых звуков.

Мышцы головы подразделяют на жевательные, мимические, мышцы внутренних органов головы. *Жевательные мышцы* поднимают и опускают нижнюю челюсть, развивая значительные усилия при разгрызании, откусывании и пережевывании пищи. *Мимические мышцы* отличаются от всех скелетных мышц тем, что одним концом прикреплены к костям черепа, а другими — к коже, изменяя при своем сокращении форму и глубину кожных складок. Мимические мышцы в основном располагаются вокруг отверстий — ротового, глазных, ушных, носовых и анатомически независимы друг от друга. Сокращаясь, мимические мышцы способны отражать психическое состояние, настроение человека. У животных мимические мышцы развиты гораздо слабее, чем у человека. *Мышцы внутренних органов головы* обеспечивают движения языка, мягкого нёба, глаз, среднего уха.

3.5

ГЛАДКИЕ МЫШЦЫ: СТРОЕНИЕ И РАБОТА

Гладкие мышцы входят в состав стенок внутренних органов: желудка, кишечника, матки, мочевого пузыря и др., а также большинства кровеносных сосудов. Гладкие мышцы сокращаются медленно и непроизвольно. Гладкомышечные клетки невелики: диаметр — 2—10 мкм, длина — 50—400 мкм. Эти клетки имеют одно ядро.

Основой сократимости гладких мышц, так же как и поперечнополосатых, является взаимодействие белков актина и миозина. Однако нити актина и миозина расположены в клетках гладких мышц не так упорядоченно, как в поперечнополосатых, и саркомеры в них отсутствуют. Скорость скольжения актина относительно миозина мала: в 100 раз меньше, чем в поперечнополосатых мышцах. Поэтому гладкие мышцы и сокращаются так медленно — в течение десятков секунд. Но благодаря этому тратится меньше АТФ, образуется меньше продуктов обмена, и гладкие мышцы могут находиться в состоянии сокращения

очень долго, а утомление в них практически не развивается. Например, мышцы стенок артерий находятся в сокращенном состоянии на протяжении всей жизни человека. Клетки гладких мышц очень тесно прижаты друг к другу, между ними образованы специальные контакты, через которые возбуждение свободно переходит с одной клетки на другую. Поэтому при возбуждении одной клетки может возбудиться вся гладкая мышца, и по ней пройдет волна сокращения. Это очень важно для нормальных движений стенок желудка и кишечника.

Регуляция сокращений гладких мышц осуществляется вегетативной нервной системой, а также целым рядом гормонов.

О сердечной мышце речь пойдет в главе 6.

3.6

ЗАБОЛЕВАНИЯ МЫШЦ

К сожалению, мышечная система подвержена целому ряду заболеваний. В разделе, посвященном описанию нервно-мышечной передачи, уже говорилось о миастении — аутоиммунном заболевании, при котором происходит разрушение рецепторов к ацетилхолину на поверхности мышечных клеток.

Существует также целый ряд наследственных заболеваний, для которых характерны постоянно нарастающая слабость мышц, уменьшение мышечной массы и прогрессирующие параличи. Лечение таких генетически обусловленных заболеваний пока затруднено.

Как осложнение после гриппа или других инфекций может развиваться воспаление скелетных мышц, называемое **миозитом**. Заболевание это, как правило, сопровождается болями, хотя может пройти почти бессимптомно. Однако рисковать не стоит и лучше показаться специалисту.

Существует целый ряд заболеваний, при которых происходит воспаление сухожилий и их оболочек: **синовиты** и **фиброзиты**. Причины их могут быть различными, но чаще эти заболевания возникают при слишком сильных и длительных физических нагрузках. Ну и, наконец, сплошь и рядом встречаются люди с травмами мышц: от небольших ушибов до разрывов самих мышц и сухожилий. Довольно часто встречается, например, разрыв одного из самых крупных сухожилий — **ахиллова** (пяточного). Причем эта беда приключается и с прекрасно тренированными спортсменами; вызвана она патологическим перерождением коллагеновой соединительной ткани, формирующей сухожилие. Важное клиническое значение имеют мышцы живота из-за их низкой прочности. При повышенной нагрузке в этих мышцах образуются щели и отверстия, через которые под кожу могут выходить сальник, кишечник. Таким образом возникают **грыжи**.

4

СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

Скелет — часть опорно-двигательной системы человека. Вместе с мышцами скелет выполняет *опорную функцию* для всех других систем органов, *обеспечивает передвижение* тела и его частей, *защищает* от внешних воздействий внутренние органы. Скелет человека составляет примерно 15% от массы тела человека. В среднем он весит около 17 кг. Как это ни странно, но точно указать число костей в скелете человека не представляется возможным. Различные авторы насчитывают в его составе от 206 до 230 костей (рис. 4.1)! Эти несоответствия связаны с тем, что у людей не совпадает число позвонков, ребер и других костей (рис. 4.2). Число костей скелета меняется также в зависимости от возраста человека. Самой длинной костью скелета является *бедренная* — ее длина составляет в среднем 27,5% от роста человека; самая маленькая кость — одна из слуховых костей среднего уха — *стремечко*. У мужчин ростом 180 см длина бедренной кости составляет 50 см. Хотя встречаются люди и с гораздо более длинной бедренной костью. Что касается стремечка, то у всех людей его длина составляет около 2 мм.

Самый высокий человек, чей рост подтвержден документально, — Роберт Уодлоу из США. Его рост составлял 274 см. Самым же маленьким человеком на Земле была Полина Мастерс из Нидерландов. Ее рост равнялся 59 см.

4.1

СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ

Кости живого человека содержат около 50% воды, 28% органических веществ и 22% неорганических веществ. *К о с т н а я т к а н ь* относится к соединительным тканям. Она состоит из клеток и плотного межклеточного ве-

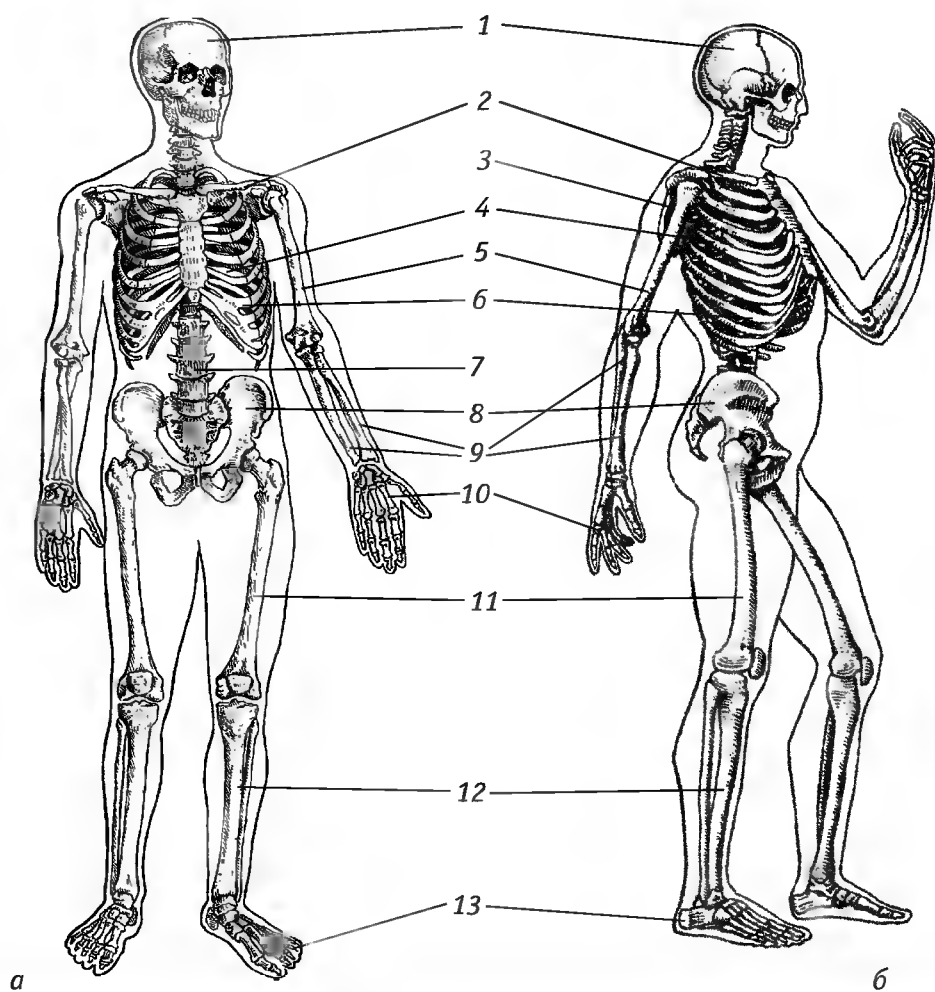


Рис. 4.1. Скелет человека:

а — спереди; *б* — сзади:

1 — череп; 2 — ключица; 3 — лопатка; 4 — грудная клетка; 5 — плечевая кость; 6 — ребра; 7 — позвоночник; 8 — кости таза; 9 — кости предплечья; 10 — кости кисти; 11 — бедренная кость; 12 — кости голени; 13 — кости стопы

щества. В костной ткани находятся два вида клеток — остеобласты и остеокласты.

Остеобласты — молодые костные клетки, имеющие форму многогранника. Они постепенно превращаются в *остеоциты* — зрелые клетки, вырабатывающие межклеточное вещество и составляющие основное вещество кости. Чем больше необходимость в ускоренном росте костей или заживании перелома, тем быстрее активизируются остеобласты, превращаясь в зрелые остеокласты. Другой, принципиально иной вид клеток костной ткани — *остеокласты*. Эти клетки содержат многочисленные вакуоли со специальными ферментами, способными разрушать окружающие клетки. Остеокласты необходимы для разрушения мелких осколков костей в местах переломов. Кроме того, вместе с остеобластами они участвуют в построении костной ткани на месте хрящей и в росте костей.

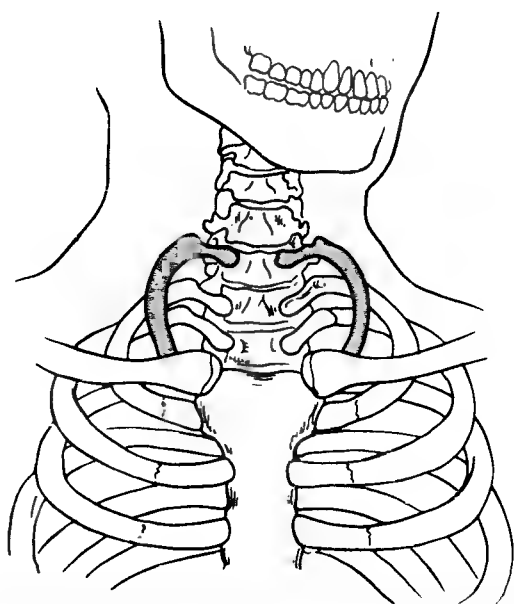


Рис. 4.2. Добавочные ребра у человека (выделены серым цветом)

людей из-за нарушений минерального обмена кости становятся хрупкими.

Под микроскопом видно, что кость состоит из огромного числа трубочек, называемых *остеонами* (рис. 4.3). Остеон представляет собой несколько слоев тончайших костных пластинок, расположенных концентрически вокруг канала, по которому проходят кровеносные сосуды, питающие остеон, и нервные волокна. Между костными пластинками находятся костные клетки.

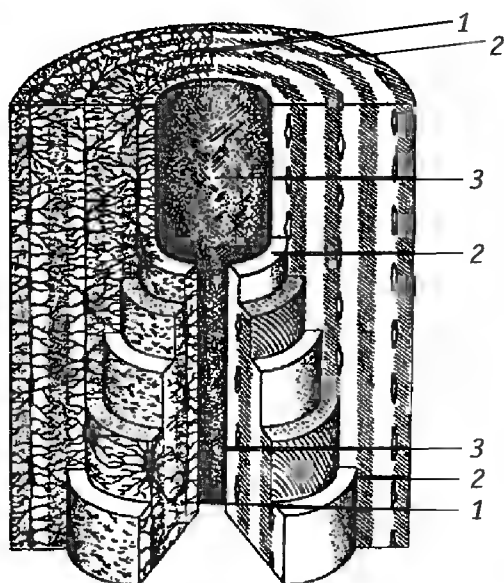


Рис. 4.3. Схема остеона:

1 — костные клетки; 2 — промежуточное вещество; 3 — канал

В состав костной ткани входят *органические вещества*, придающие костям упругость (коллаген), и *неорганические вещества*, главным образом соли фосфора, кальция, магния. Минеральные соли придают костям твердость. Если путем выжигания удалить из кости органические вещества, то кость будет по-прежнему твердой, но очень хрупкой, бьющейся как стекло. Если же при помощи соляной кислоты растворить минеральные соли, то кость станет мягкой и упругой, ее можно будет завязывать узлом. В костях детей больше органических веществ, и они более упруги, чем кости взрослого человека. Наиболее прочны кости у людей в возрасте 20—40 лет. У пожилых

Если костные трубочки уложены в кости плотно, то образуется так называемое *компактное вещество кости*, если уложены рыхло — образуется *губчатое вещество кости*.

Рассмотрим в качестве примера строение бедренной кости (рис. 4.4). Средняя часть кости называется *диафизом*, а концевые суставные головки — *эпифизами*. Внутри диафиза находится канал, заполненный *желтым костным мозгом*. Поэтому такие кости, как бедренная, называются *трубчатыми*. Диафиз образован компактным веществом и покрыт снаружи особой оболочкой из соединительной ткани — *надкостницей*. В ней проходит большое число кровеносных

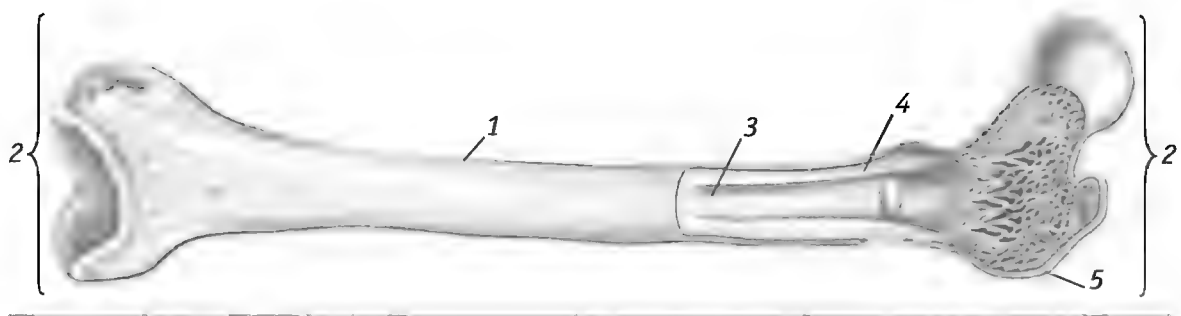


Рис. 4.4. Бедренная кость:

1 — диафиз; 2 — эпифиз; 3 — канал; 4 — надкостница; 5 — гиалиновый хрящ

сосудов и расположено множество болевых рецепторов. Внутренний слой надкостницы состоит из остеобластов. Делясь, остеобласты образуют костное вещество, за счет чего кость растет в толщину. Эпифизы бедренной кости состоят из губчатого вещества, промежутки между которым заполнены *красным костным мозгом*. Снаружи эпифизы покрыты очень прочным и гладким *гиалиновым хрящом* толщиной около 0,5 мм. Этот хрящ сводит к минимуму трение между костями в суставах.

Наши кости способны выдерживать огромные напряжения. Например, бедренная кость прыгуна в длину в момент приземления испытывает нагрузку в 9 т! Но сломать можно все, в том числе и абсолютно здоровые кости. Эксперименты показали, что кости разрываются при растяжении до 3600 кг/см² и ломаются при сжатии в 5400 кг/см². Трубчатые кости довольно быстро срастаются (рис. 4.5). На костях мозговой части черепа надкостница разви-

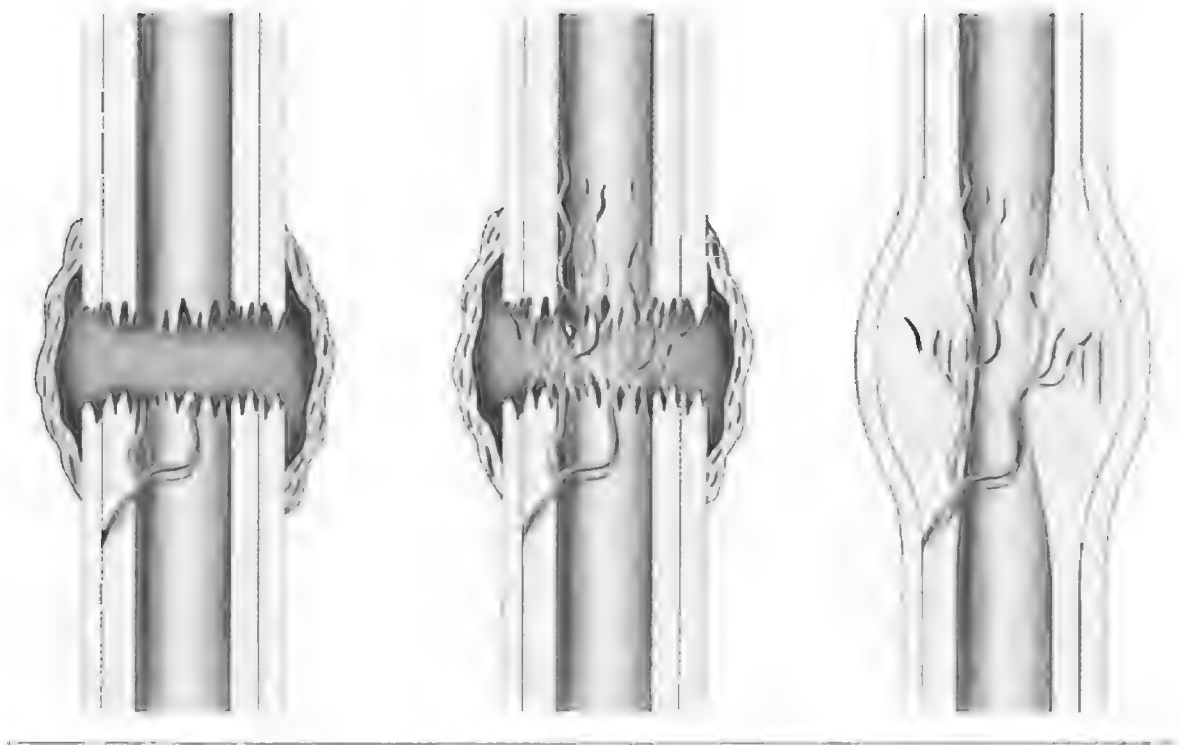


Рис. 4.5. Срастание сломанной кости

та слабо. Поэтому травмы черепа плохо затягиваются костной тканью. Да и для правильного срастания других костей нужно довольно много времени. Например, плечевую кость при переломе фиксируют гипсовой повязкой минимум на 15 дней, а то и на более долгий срок.

Кроме длинных трубчатых костей, к которым кроме бедренных костей относятся кости голени, плеча и предплечья, различают еще короткие трубчатые кости (например, кости пальцев), губчатые кости (ребра, грудина, запястье), плоские кости (лопатки, тазовые кости, кости мозговой части черепа).

У новорожденного ребенка скелет состоит из гораздо большего числа костей, чем у взрослого человека: их насчитывают до 350. Кроме того, в скелете младенца очень много хрящевой ткани, с возрастом постепенно происходит ее окостенение. В последнюю очередь замена хряща на кость происходит в области шеек длинных костей, т. е. между диафизом и эпифизами. В этих областях клетки делятся, за счет чего и происходит рост костей в длину. Окончательное окостенение шеек длинных костей происходит у женщин к 16—18 годам, у мужчин немного позднее — к 20—22 годам. После этого рост костей прекращается.

По мере развития скелета его пропорции сильно меняются. Голова у шестинедельного эмбриона по длине равна туловищу. У новорожденного младенца голова все еще очень крупная и середина длины его тела приходится на пупок. А вот у взрослого человека середина длины тела проходит через лонное сочленение, т. е. находится сразу над половыми органами.

4.2

СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ В СКЕЛЕТЕ

Соединения костей служат либо для обеспечения движения одной кости относительно другой, либо для получения прочной механической структуры из нескольких костей. Таким образом, различают подвижные, полуподвижные и неподвижные соединения костей (рис. 4.6).

Подвижные соединения костей — суставы. Чаще всего сустав состоит из *суставных поверхностей костей*, покрытых гиалиновым хрящом, причем эти поверхности по форме строго соответствуют друг другу. Место контакта костей покрыто прочной оболочкой из соединительной ткани — *суставной сумкой*, образующей герметичную *суставную полость*. В суставной полости находится *синовиальная жидкость*, необходимая для

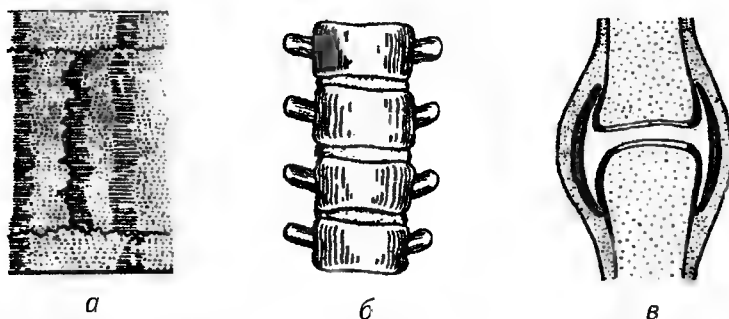


Рис. 4.6. Типы соединения костей:

а — неподвижное, посредством швов; *б* — полуподвижное, с помощью хряща;
в — подвижное — сустав

уменьшения трения в суставе. Примеры строения суставов представлены на рис. 4.7.

Н е п о д в и ж н ы е соединения характерны, например, для соединения костей мозговой части черепа. При этом небольшие выступы одной кости заходят в выемки другой кости. Получающийся при этом *шов* очень прочен, прочнее окружающих его костей.

Промежуточной формой сочленения костей является п о л у п о д в и ж н о е соединение. В этом случае кости соединены между собой с помощью упругих *хрящевых прокладок*. К полуподвижным соединениям относят соединения позвонков в шейном, грудном и поясничном отделах позвоночника, соединения ребер с грудиной и грудными позвонками.

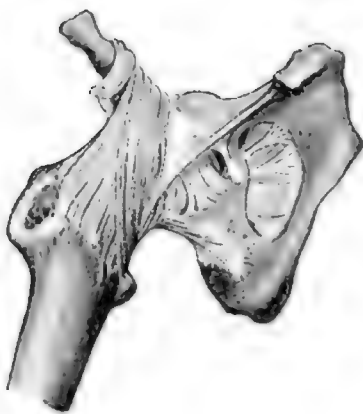
4.3

ОТДЕЛЫ СКЕЛЕТА

Скелет человека состоит из следующих о т д е л о в: скелета головы, скелета туловища, скелета конечностей.

О с н о в а скелета — **позвоночный столб**, состоящий из 33—34 позвонков. П о з в о н о к состоит из *тела* и *дуги* с несколькими отростками. Дуги позвонков замыкают *позвоночные отверстия*, которые, располагаясь друг над другом, образуют *позвоночный канал*; в нем находится спинной мозг. Тела позвонков соединены между собой хрящевыми межпозвоночными дисками и удерживаются при помощи многочисленных связок. Благодаря такому соединению большая часть позвоночника является упругой и гибкой. Так как хрящевые диски могут сжиматься, то к вечеру рост человека уменьшается на 1—2 см, а при больших физических нагрузках — даже в большей степени. За ночь рост восстанавливается.

ТАЗОБЕДРЕННЫЙ



a



б

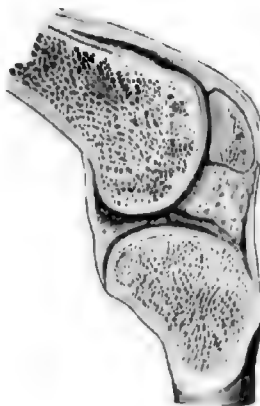


в

КОЛЕННЫЙ



a



б



в

ЛОКТЕВОЙ



a



б



в

Рис. 4.7. Суставы:

a — вид спереди; *б* — в разрезе; *в* — схема работы

Позвоночник разделяют на следующие отделы: *шейный* (7 позвонков), *грудной* (12 позвонков), *поясничный* (5 позвонков), *крестцовый* (5 позвонков) и *копчиковый* (4—5 позвонков). Чем ниже расположен позвонок в позвоночнике, тем больше на него нагрузка и, соответственно, массивнее его тело.

В связи с переходом людей на определенном этапе эволюции к прямохождению в позвоночнике образовались четыре изгиба, два из которых — *лордозы* — направлены выпуклостью вперед: шейный и поясничный, а другие два — *кифозы* — направлены выпуклостью назад: грудной и крестцовый (рис. 4.8). Благодаря лордозам и кифозам обеспечивается надежная амортизация головного мозга при ходьбе, беге, прыжках.

У человека 7 шейных позвонков, из которых два первых обеспечивают повороты головы. Верхний шейный позвонок — *атлант* — не имеет тела, а его дуги срослись с костями основания черепа. Вообще, наличие семи шейных позвонков отмечено у всех млекопитающих, кроме ленивцев и ламантинов. (Почему они являются исключением — неизвестно.)

Грудной отдел позвоночника состоит из 12 грудных позвонков, которые полуподвижно соединены с 12 парами ребер. 7 верхних ребер также полуподвижно соединены с грудной костью, или грудиной. 8, 9 и 10-е ребра соединены не напрямую с грудиной, а через хрящи — с вышележащими ребрами; 11-е и 12-е ребра, отходя от позвоночника, не доходят до грудины, а оканчиваются в мышцах.

Груди́на состоит из *рукоятки*, к которой присоединяются ключицы; *тела*, к которому присоединяется 1—7-я пары грудных ребер, и *мечевидного отростка*.

Грудные позвонки, ребра и грудина образуют **грудную клетку**, в которой расположены сердце, легкие, трахея и пищевод (рис. 4.9). Благода-

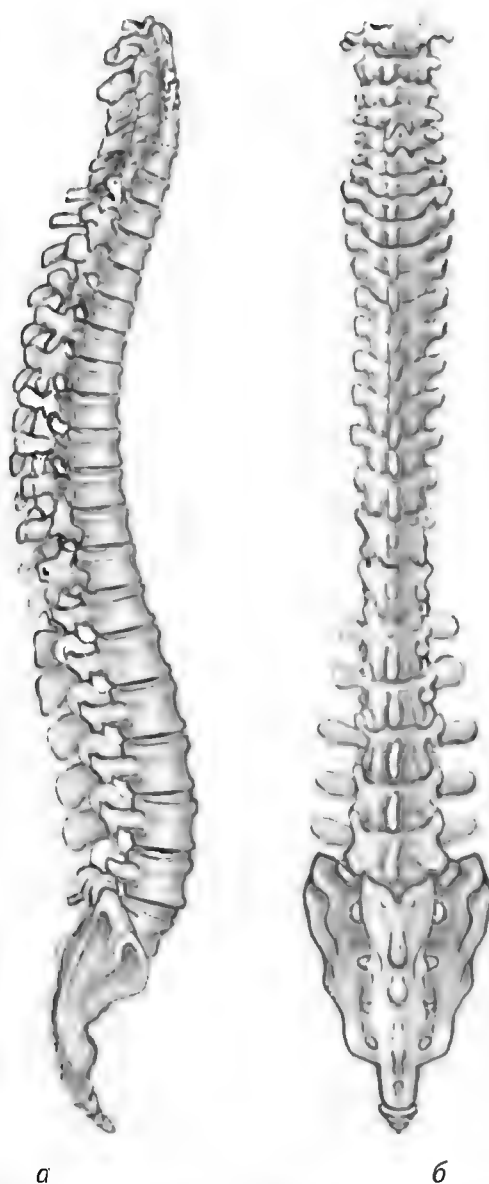


Рис. 4.8. Позвоночник:

а — вид сбоку;
б — вид со спины

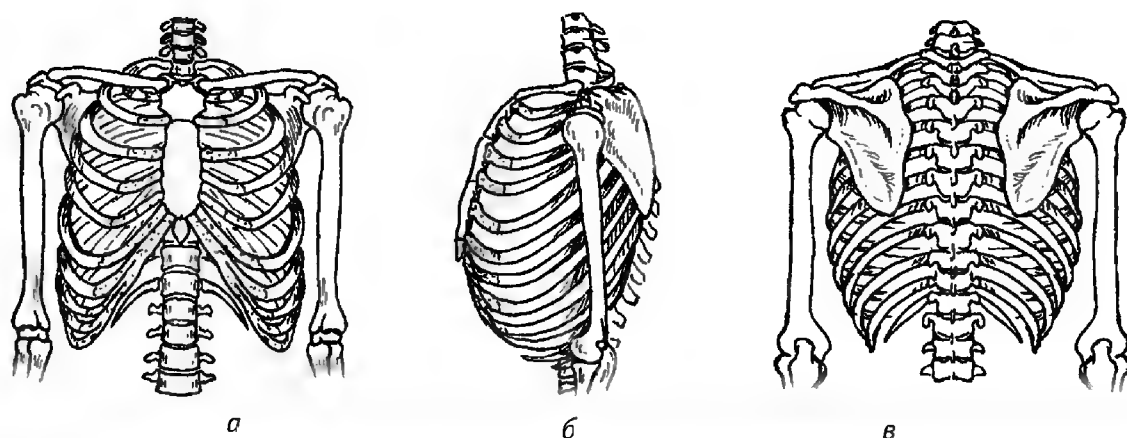


Рис. 4.9. Грудная клетка:

а — вид спереди; б — вид сбоку; в — вид сзади

ря движениям грудной клетки осуществляется внешнее дыхание (см. дальше).

Поясничный отдел позвоночника образован массивными поясничными позвонками.

В **крестцовом отделе** 5 крестцовых позвонков срастаются в единый прочный крестец, сросшийся с тазовыми костями. Такая мощная конструкция образовалась для того, чтобы обеспечить опору телу при переходе к прямохождению, и характерна только для человека. Окончательное срастание крестцовых позвонков происходит обычно к 18—20 годам.

Копчиковый отдел позвоночника у человека образован 4—5 маленькими сросшимися позвонками и до известной степени рудиментирован.

Скелет головы, называемый **черепом**, включает 23—25 костей. Череп подразделяют на мозговой и лицевой отделы (рис. 4.10).

Мозговой отдел черепа образован неподвижно соединенными костями: *лобной*, двумя *теменными*, двумя *височными*, *затылочной*, *клиновидной* и *решетчатой*.

У новорожденного ребенка соединение этих костей между собой осуществляется через многочисленные прослойки соединительной ткани и хряща, образующие *роднички* (рис. 4.11). Роднички делают череп эластичным, что необходимо при родах. Кроме того, объем мозга человека после рождения увеличивается за несколько первых лет жизни приблизительно в 5—6 раз, и необходимо, чтобы соответственно возрастал объем мозгового отдела черепа.

Окончательное окостенение швов мозгового отдела черепа происходит только к 20—25 годам. Известны случаи, когда швы вообще не окостеневали, как, например, у великого немецкого философа И. Канта, дожившего до 80 лет.

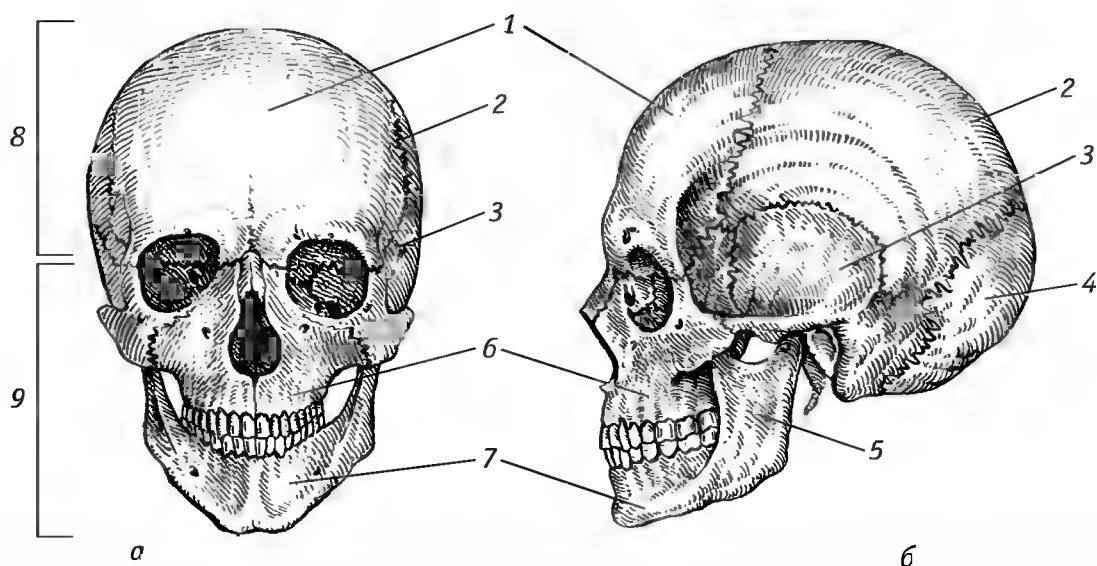


Рис. 4.10. Кости черепа:

а — вид спереди; *б* — вид сбоку:

1 — лобная кость; 2 — теменная кость; 3 — височная кость; 4 — затылочная кость;
5 — скуловая кость; 6 — верхняя челюсть; 7 — нижняя челюсть; 8 — мозговой отдел;
9 — лицевой отдел

Кости мозгового отдела пронизаны многочисленными отверстиями, через которые проходят кровеносные сосуды и нервы. Самое крупное отверстие расположено в затылочной кости, через него спинной мозг соединяется с головным. Большие полости имеются в височных костях, в них расположены органы слуха и равновесия.

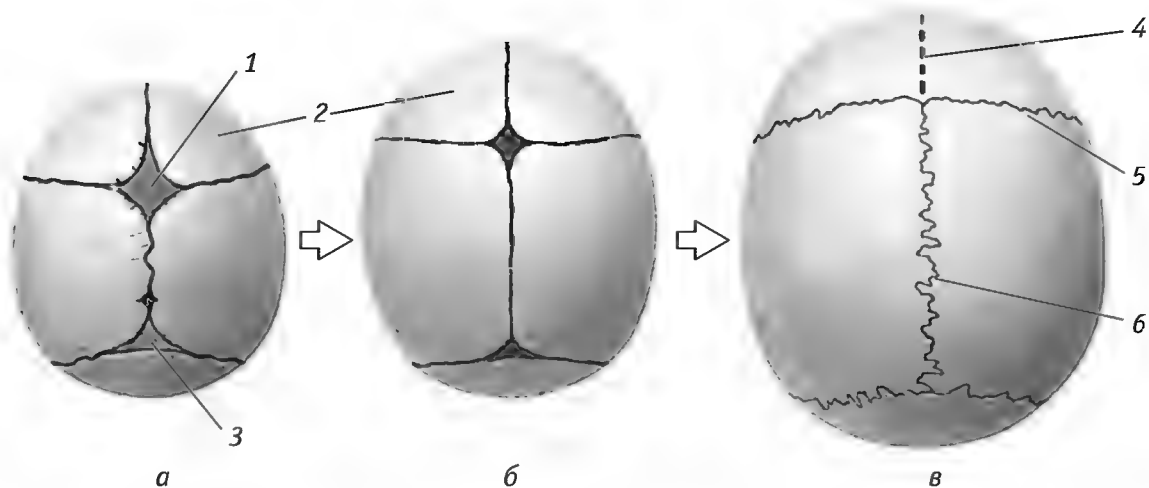


Рис. 4.11. Окостенение черепа у новорожденного (*а*), ребенка (*б*) и взрослого человека (*в*):

1 — передний родничок; 2 — лобная кость; 3 — задний родничок; 4 — сращение лобных костей; 5 — венечный шов; 6 — сагитальный шов

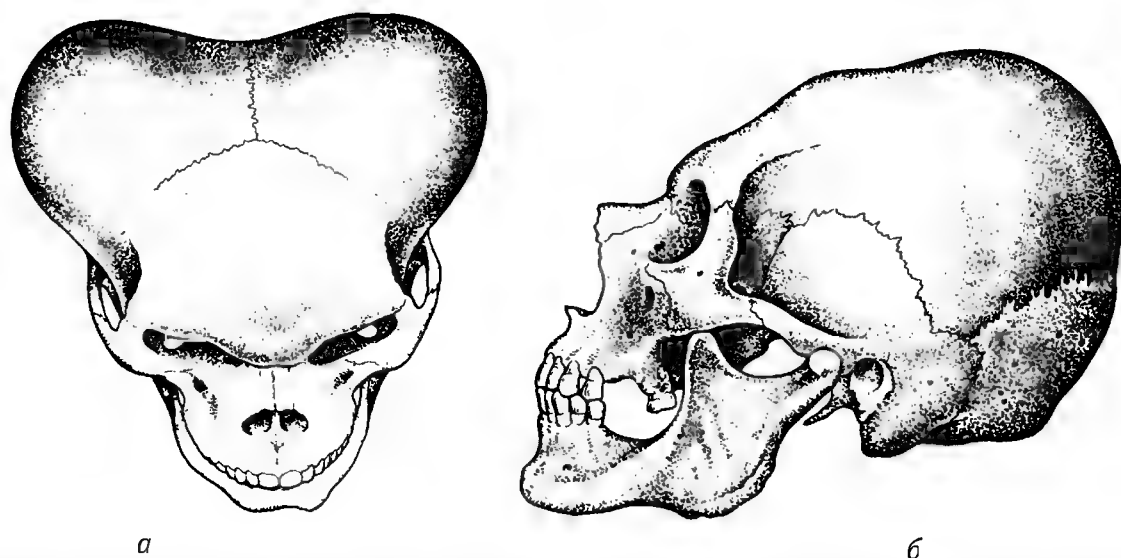


Рис. 4.12. Искусственная деформация черепов у младенцев:

а — череп древних майя, деформированный сдавливанием; *б* — череп африканца, деформированный при помощи бинтования

Лицевой отдел черепа образован многочисленными парными и непарными костями. Все они соединены между собой неподвижно, исключение составляет нижняя челюсть.

Скелет плечевого пояса служит для соединения скелета верхних конечностей с остальным скелетом. В его состав входят 2 лопатки и 2 ключицы (рис. 4.13). *Лопатки* — плоские

Наличием родничков пользовались древние индейцы майя для придания голове определенной формы. Они зажимали головы младенцев в специальных устройствах. Череп при этом деформировался и такими окостеневали. По мнению майя, получалось очень красиво (рис. 4.12, *а*). Некоторые современные народности Африки деформируют череп тугом обматыванием его бинтами. У них тоже свое понимание красоты (рис. 4.12, *б*). Любопытно, что все эти жутковатые на вид деформации черепа и, соответственно, мозга не приводят к заметным изменениям умственных способностей и поведения их обладателей.

треугольные кости, расположенные на задней стороне грудной клетки и соединенные с ней только посредством мышц. *Ключицы* — S-образные кости, соединенные с грудиной и лопаткой.

Скелет свободной верхней конечности образован *плечевой костью*, *костями предплечья* (локтевой и лучевой) и *костями кисти*. Скелет кисти состоит из 8 костей *запястья*, расположенных в два ряда; 5 костей *пястья* и *фаланг пальцев*. В большом пальце 2 фаланги, а в остальных пальцах — по 3.

Скелет тазового пояса служит для соединения скелета нижней конечнос-

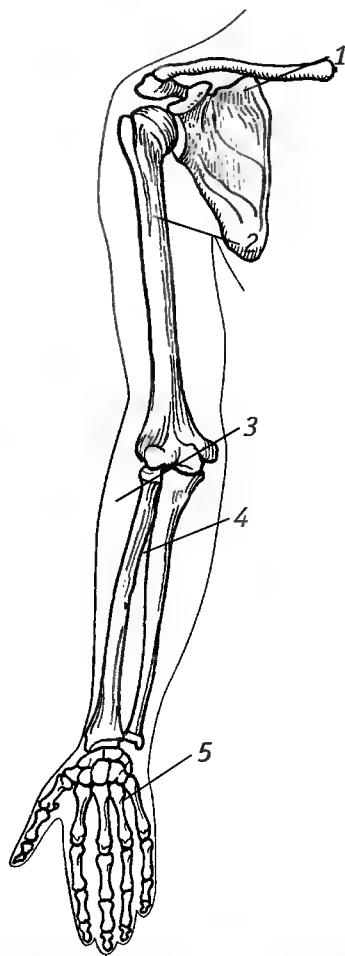


Рис. 4.13. Скелет
верхних конечностей:

1 — лопатка; 2 — плечевая кость;
3 — локтевая кость; 4 — лучевая кость;
5 — фаланги пальцев

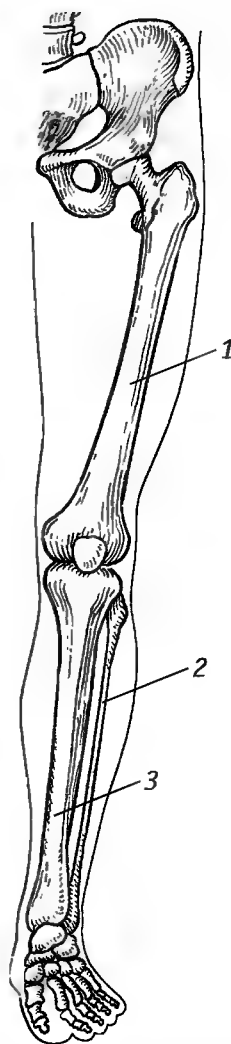


Рис. 4.14. Скелет
нижних конечностей:

1 — бедренная кость; 2 — малая бер-
цовая кость; 3 — большая берцовая
кость

ти с позвоночником. Тазовый пояс образуется за счет срастания 2 *под-
вздошных*, 2 *седалищных* и 2 *лобковых костей* (рис. 4.14). В месте соедине-
ния этих костей находится *вертлужная впадина*, в которую входит головка
бедренной кости.

Скелет нижних конечностей образован *бедренной костью*, *костями го-
лени* (большая и малая берцовая) и *костями стопы*. Стопа состоит из 7 ко-
стей *предплюсны* (самая крупная из которых — *пяточная*), 5 костей *плюсны*
и *фаланг пальцев* (2 — в большом пальце и по 3 — в остальных).

ЗАБОЛЕВАНИЯ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ

Кости человека отличаются легкостью и прочностью, а суставы — высокой подвижностью. Костная система очень надежна, и заболеваний этой системы не очень много. Некоторые из них являются наследственными и достаются людям вместе с «испорченными» генами предков. Например, при наследственном заболевании — *ахондроплазии* — отсутствуют диафизы длинных костей, что делает невозможным их рост и приводит к *карликовости*. Часто болезни костей вызваны нарушениями в регуляции обмена веществ в костной ткани. Например, избытком или недостатком некоторых гормонов. Так, при усиленном выделении гормона роста в детстве происходит разрастание костей, и человек становится *гипофизарным гигантом*. Если же слишком много гормона роста вырабатывается у взрослого человека, то развивается другая болезнь — *акромегалия*. При акромегалии разрастаются кости пальцев, хрящи носа, челюсти и т. п. При нехватке витамина D кости начинают терять кальций, а ведь именно соли кальция обеспечивают твердость костей. В результате происходит *остеомалация* — размягчение костей, искривление длинных костей, в мышцах возникают судороги. Это заболевание называется *рахитом* (рис. 4.15). Витамина D много в любых молочных и рыбных продуктах, кроме того, он вырабатывается в коже под действием солнечных лучей. Поэтому в настоящее время рахит встречается все реже и реже.



Рис. 4.15. Ноги ребенка, больного рахитом

При *остеопорозе*, который развивается обычно в пожилом возрасте и главным образом у женщин, происходит уменьшение плотности костной ткани. Кости становятся менее прочными и легко ломаются. Главная причина остеопороза у женщин — возрастные гормональные изменения. Для профилактики остеопороза необходимо принимать легкоусвояемые препараты кальция и некоторых микроэлементов. Хотя и редко, но в костях могут поселиться болезнетворные микроорганизмы. Так, иногда в костную ткань попадает золотистый стафилококк, вызы-

вая поражение кости, называемое **остеомиелитом**. Чаще всего остеомиелит возникает при ранениях. В настоящее время медицина обладает богатым арсеналом антибиотиков, и остеомиелит вполне излечим.

Гораздо чаще, чем заболевания непосредственно костной ткани, встречаются поражения суставов. Самым известным и чаще всего возникающим поражением суставов является **ревматоидный артрит**. На европейской части России им болеет около 1% населения, причем 75% заболевших — женщины. Ревматоидный артрит является аутоиммунным заболеванием: клетки иммунной системы «по ошибке» собираются в тканях, вырабатывающих синовиальную жидкость, необходимую для уменьшения трения в суставе. Возникает воспаление, которое переходит на весь сустав. В результате разрушаются гладкий и твердый гиалиновые хрящи, сустав распухает, становится очень болезненным и теряет подвижность. Как правило, при ревматоидном артрите страдают суставы пальцев рук и ног, причем развитие болезни происходит симметрично — в правой и левой половине тела. Болезнь протекает у различных людей по-разному: у кого-то происходит постоянное ухудшение состояния, у другого наблюдаются отдельные приступы. Иногда человек внезапно исцеляется безо всяких видимых причин, и болезнь больше не возвращается. Для лечения артрита применяют различные противовоспалительные препараты, например очень большие дозы аспирина. Но иногда сустав настолько искалечен болезнью, что приходится заменять его протезом.

Еще одним заболеванием суставов является **подагра**. У страдающих этим заболеванием плохо выводится из организма урат натрия. Откладываясь в виде кристаллов, «лишние» ураты приводят к воспалению, очень сильной боли и деформации суставов (рис. 4.16). Очень часто подагра передается из поколения в поколение. Больным приходится забыть о продуктах питания, в процессе усвоения которых вырабатывается много мочевой кислоты: необходим полный отказ от алкогольных напитков, многих разновидностей мяса и рыбы, сладкой выпечки и т. д. Иногда суставы при подагре изменены так сильно, что становится необходимым хирургическое вмешательство.

Практически любой вид спорта, за исключением разве что шахмат, сопря-



Рис. 4.16. Сустав пальца руки, пораженный подагрой

жен с риском получения т р а в м ы. Большая часть этих травм связана именно с повреждением суставов. Чаще всего страдают коленные суставы — 25% травм, суставы локтя — 13, плеч — 10, таза — 9, лодыжек и стоп — 5, запястий — 4% травм. Очень частой травмой является **разрыв мениска**. *Мениски* — два хряща, имеющие форму полумесяца, расположенные в коленном суставе между концами бедренной и берцовой костей. При неловких движениях эти хрящи могут разрушаться. Иногда они сильно изнашиваются в процессе многолетних спортивных нагрузок и рвутся даже при самых обычных движениях.

Между сухожилиями и костями располагается *синовиальная сумка* — мягкая прокладка, уменьшающая трение. При постоянных нагрузках на сустав возникает отек синовиальной сумки, сопровождающийся сильной болью. Это заболевание называется **бурситом**. Например, часто возникающий бурсит локтевого сустава у теннисистов так и называют «теннисным локтем». Конечно, повреждения локтевого сустава могут возникать и у спортсменов, занимающихся другими видами спорта. А теннис — далеко не самое травматичное занятие. Очень часто суставы повреждаются у горнолыжников.

5

ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

5.1

СОСТАВ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА

Внутренняя среда организма включает *кровь, тканевую жидкость и лимфу*. Эти жидкости окружают все клетки и структуры организма, и именно через них происходят реакции обмена веществ в органах и тканях.

Из плазмы крови, проникающей сквозь стенки капилляров, образуется *тканевая жидкость*, окружающая все клетки. Между клетками и тканевой жидкостью постоянно происходит обмен веществами. Часть тканевой жидкости поступает в тонкие слепо замкнутые капилляры лимфатической системы и с этого момента превращается в *лимфу*.

Так как во внутренней среде организма поддерживается постоянство физических и химических свойств, сохраняющееся даже при очень сильных внешних воздействиях на организм, то и все клетки организма существуют в относительно стабильных условиях. Постоянство внутренней среды организма называется *гомеостазом*. Так, на постоянном уровне в организме сохраняются состав и свойства крови и тканевой жидкости; температура тела; параметры сердечно-сосудистой деятельности и дыхания, а также другие параметры и свойства систем организма. Гомеостаз поддерживается благодаря сложнейшей координированной работе нервной и эндокринной систем.

5.2

ФУНКЦИИ И СОСТАВ КРОВИ

У человека, как и у всех позвоночных, кровеносная система замкнутая, и кровь циркулирует по кровеносным сосудам.

Кровь выполняет следующие функции:

1) *дыхательную* — переносит кислород из легких ко всем органам и тканям и выносит углекислый газ из тканей в легкие;

2) *питательную* — переносит питательные вещества, всосавшиеся в кишечнике, ко всем органам и тканям. Таким образом ткани снабжаются водой, аминокислотами, глюкозой, продуктами распада жиров, минеральными солями, витаминами;

3) *выделительную* — доставляет конечные продукты обмена веществ (мочевину, соли молочной кислоты, креатин и др.) из тканей к местам их удаления из организма (почкам, потовым железам) или разрушения (печени);

4) *терморегуляционную* — переносит водой плазмы крови тепло от места его образования (скелетные мышцы, печень) к теплопотребляющим органам (мозг, кожа и др.). В жару сосуды кожи расширяются для того, чтобы отдавать излишки тепла, и кожа краснеет. В холодную погоду сосуды кожи сокращаются, чтобы в кожу поступало меньше крови и она не отдавала бы тепло; при этом кожа синеет;

5) *регуляторную* — кровь может удерживать или отдавать воду тканям, тем самым регулируя содержание в них воды. Кровь также осуществляет регуляцию кислотно-щелочного равновесия в тканях. Кроме того, она переносит гормоны и другие физиологически активные вещества от мест их образования к органам (органам-мишеням), в регуляции работы которых эти вещества участвуют;

6) *защитную* — содержащиеся в крови вещества предохраняют организм от потерь крови при разрушении сосудов, образуя *тромб*. Этим они также препятствуют проникновению в кровь болезнетворных микроорганизмов (бактерий, вирусов, простейших, микроскопических грибов). *Лейкоциты* крови защищают организм от токсинов и болезнетворных микроорганизмов путем *фагоцитоза* и выработки *антител*.

У новорожденного ребенка объем крови равен примерно 250 мл. У взрослого человека масса крови составляет приблизительно 6—8% от массы тела и равняется 5,0—5,5 л. Часть крови циркулирует по сосудам, а около 40% находится в так называемых *депо*: сосудах кожи, селезенки и печени. При необходимости, например при высоких физических нагрузках, при кровопотерях, кровь из депо включается в циркуляцию по сосудам и начинает активно выполнять свои функции.

Кровь состоит на 55—60% из плазмы и на 40—45% из форменных элементов (рис. 5.1).

Плазма — жидкая среда крови, содержащая 90—92% воды и 8—10% различных веществ.

Белки плазмы (около 7%) выполняют целый ряд функций. *Альбумины* удерживают в плазме воду; *глобулины* составляют основу антител; *фибрино-*

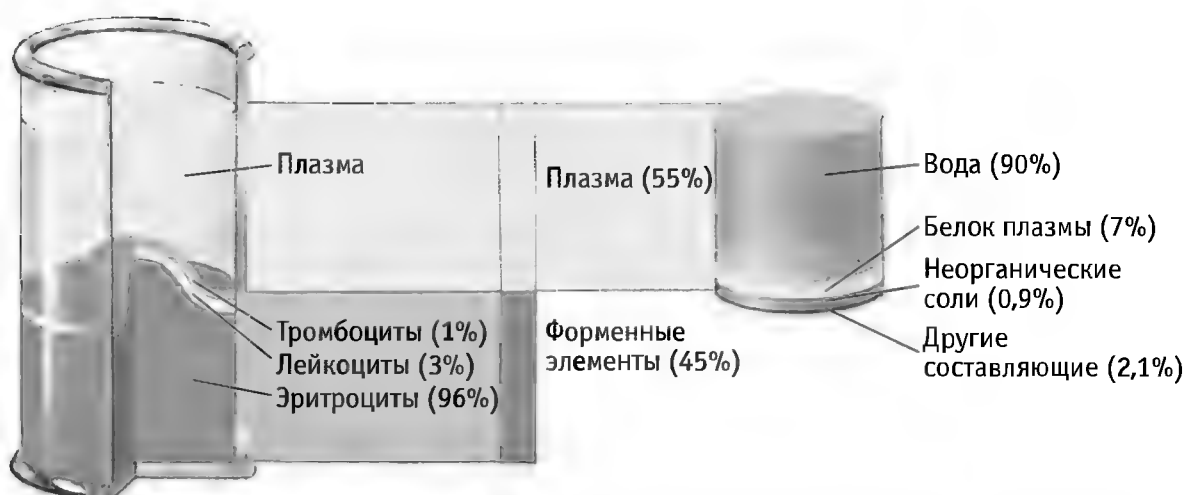


Рис. 5.1. Компоненты крови

ген необходим для свертывания крови; разнообразные аминокислоты переносятся плазмой крови от кишечника ко всем тканям; ряд белков выполняют ферментативные функции и т. д.

Неорганические соли (около 1%), содержащиеся в плазме, включают NaCl, соли калия, кальция, фосфора, магния и др. Строго определенная концентрация хлорида натрия (0,9%) необходима для создания стабильного осмотического давления. Если поместить красные кровяные тельца — *эритроциты* — в среду с более низким содержанием NaCl, то они начнут поглощать воду до тех пор, пока не лопнут. При этом образуется очень красивая и яркая «лаковая кровь», не способная выполнять функции нормальной крови. Вот почему при кровопотерях нельзя вводить в кровь воду. Если же эритроциты поместить в раствор, содержащий более 0,9% NaCl, то вода будет высасываться из эритроцитов и они сморщатся.

При потерях крови в отсутствие подходящей по составу крови для переливания можно использовать *физиологический раствор*, который по концентрации солей, особенно NaCl, строго соответствует плазме крови. Глюкоза содержится в плазме крови в концентрации 0,1%. Это важнейшее питательное вещество для всех тканей организма, особенно для мозга. Если содержание глюкозы в плазме снижается приблизительно в 2 раза (до 0,04%), то мозг лишается источника энергии. В результате человек теряет сознание и может быстро погибнуть. Жиров в плазме крови около 0,8%. Главным образом это питательные вещества, переносимые кровью к местам их потребления.

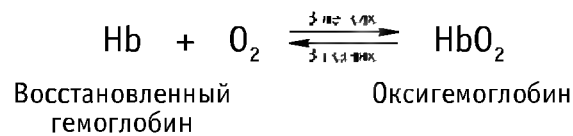
К **форменным элементам крови** относят эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (рис. 4 цв. вкл.).

Эритроциты — красные кровяные тельца, которые представляют собой безъядерные клетки, имеющие форму двояковогнутого диска диаметром 7 мкм и толщиной 2 мкм. Такая форма обеспечивает эритроцитам наи-

большую поверхность при наименьшем объеме, позволяет им проходить через самые мелкие кровеносные капилляры, быстро отдавая тканям кислород. Молодые эритроциты человека имеют ядро, но, созревая, теряют его. В зрелых эритроцитах большинства животных ядра есть.

В 1 мм³ крови содержится около 5,5 млн эритроцитов.

О с н о в н а я ф у н к ц и я эритроцитов — дыхательная: они доставляют ко всем тканям кислород из легких и выносят из тканей значительное количество углекислого газа. Кислород и СО₂ в эритроцитах обратимо связываются дыхательным пигментом — *гемоглобином*. В каждом эритроците содержится около 270 млн молекул гемоглобина. Гемоглобин (Hb) — сложный белок, состоящий из белковой части — *глобина* и четырех небелковых частей — *гемов*. Каждый гем содержит молекулу двухвалентного железа и может присоединять или отдавать молекулу кислорода. При присоединении к гемоглобину кислорода в капиллярах легких образуется нестойкое соединение — *оксигемоглобин*. Дойдя до капилляров тканей, эритроциты, содержащие оксигемоглобин, отдают тканям кислород, и образуется так называемый *восстановленный гемоглобин*, который способен присоединять СО₂:



Получившееся также нестойкое соединение HbCO₂, попав с током крови в легкие, распадается, и образовавшийся СО₂ удаляется через дыхательные пути. Надо учитывать, что значительная часть СО₂ выносится из тканей не гемоглобином эритроцитов, а в виде анионов угольной кислоты (НСО₃⁻), образующихся при растворении СО₂ в плазме крови. Из этого аниона в легких образуется СО₂, выдыхаемый наружу. К сожалению, гемоглобин способен образовывать прочное соединение с угарным газом (СО) — *карбоксигемоглобин*. Присутствие во вдыхаемом воздухе всего 0,03% СО приводит к активному связыванию молекул гемоглобина, и эритроциты теряют способность переносить кислород. При этом наступает быстрая смерть от удушья.

Эритроциты способны циркулировать по кровяному руслу, выполняя свои функции, около 130 дней. Затем они разрушаются в печени или селезенке, причем небелковая часть гемоглобина — гем — в дальнейшем многократно используется при образовании новых эритроцитов. Эритроциты образуются в красном костном мозге губчатого вещества кости из стволовых клеток (рис. 5.2).

Если эритроциты разрушаются в результате какого-либо повреждения, например при травме сосудов, вызванной ушибом, гемоглобин, выходя в окружающие ткани, постепенно распадается, меняя окраску. Из красных продукты его распада становятся фиолетовыми, бурыми, желтыми и, наконец, зелеными. Вот почему места ушибов переливаются всеми цветами радуги.

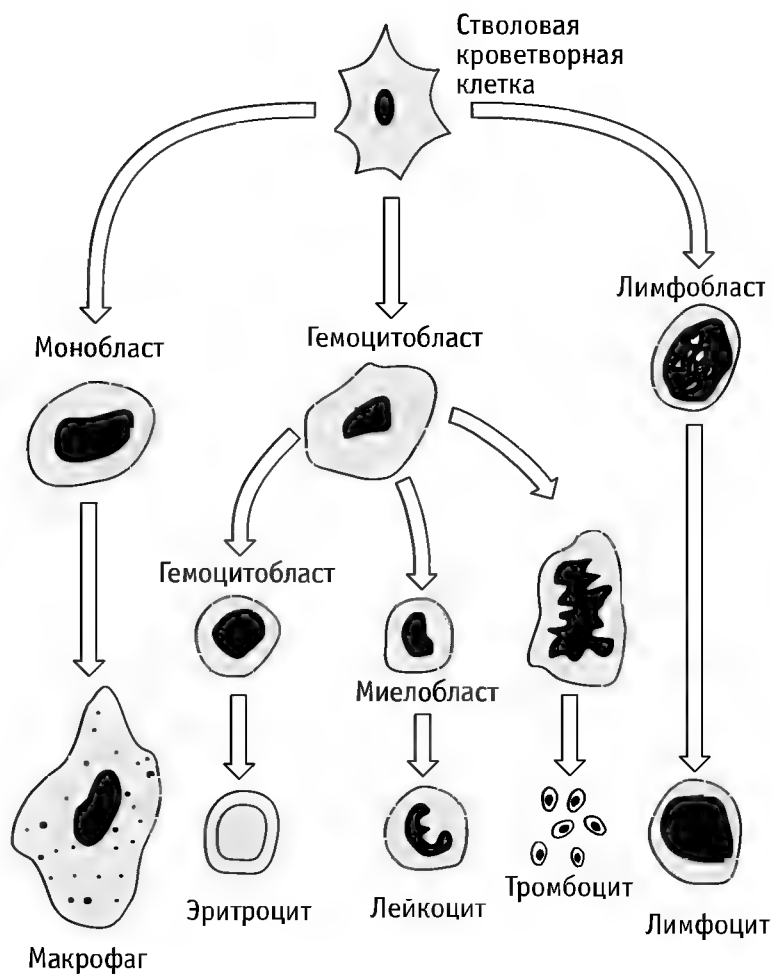


Рис. 5.2. Схема образования клеток крови из исходных стволовых клеток

Когда человеку не хватает кислорода в окружающем воздухе, например при подъеме в горы, выработка эритроцитов и, соответственно гемоглобина, резко усиливается. В результате из легких в ткани переносится достаточное количество кислорода. После спуска до уровня моря организм человека не может сразу перестроиться, и образование эритроцитов в течение нескольких дней остается усиленным. В этот небольшой период времени человек обладает повышенной выносливостью, особенно при длительных нагрузках.

Данным феноменом воспользовались спортсмены и их тренеры, готовясь в горах к ответственным соревнованиям. Затем был придуман и более хитрый прием. После адаптации, т. е. привыкания к горным условиям, у спортсменов брали некоторое количество крови, из которой выделяли эритроциты. Эти «горные» эритроциты с высоким содержанием гемоглобина вводили в вены спортсменов непосредственно перед соревнованиями. В результате мышцы таких спортсменов получали существенно больше кислорода, чем мышцы их конкурентов, что позволяло им побеждать. Сейчас такие приемы приравнены к использованию допинга и запрещены.

Лейкоциты — клетки крови, имеющие ядра. Размер лейкоцита колеблется от 8 до 12 мкм. В 1 мм³ крови содержится 6—8 тыс. лейкоцитов, но это число может сильно колебаться, возрастая, например, при инфекционных заболеваниях. Такое повышенное содержание лейкоцитов в крови называют *лейкоцитозом*. Некоторые лейкоциты способны к самостоятельным амeboидным движениям. Лейкоциты обеспечивают выполнение кровью ее защитных функций.

Различают пять типов лейкоцитов: нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, лимфоциты и моноциты.

Больше всего в крови **нейтрофилов** — до 70% от числа всех лейкоцитов. Нейтрофилы и моноциты, активно двигаясь, опознают чужеродные белки, захватывают их и уничтожают. Этот процесс был открыт И. И. Мечниковым и назван им *фагоцитозом*. Нейтрофилы не только способны к фагоцитозу, но и выделяют вещества, обладающие бактерицидным эффектом, способствуя регенерации тканей, удаляя из них поврежденные и мертвые клетки.

Моноциты называют *макрофагами*, их диаметр достигает 50 мкм. Они участвуют в процессах воспаления и формирования иммунного ответа и не только уничтожают болезнетворные бактерии и простейшие, но также способны разрушать раковые клетки, старые и поврежденные клетки нашего организма.

Эозинофилы обеспечивают защиту организма от паразитарных инфекций при заражении гельминтами (глистами). Они выделяют также вещества, уменьшающие аллергическую реакцию у человека.

Базофилы синтезируют *гистамин* — вещество, уменьшающее продолжительность кровотечения, а также *гепарин* — основной противосвертывающий фактор, препятствующий тромбозу сосудов. Кроме того, базофилы выделяют вещества, ускоряющие образование в тканях новых капилляров.

Лимфоциты играют важнейшую роль в формировании и поддержании иммунного ответа. Они способны опознать чужеродные тела (*антигены*) по структуре их поверхности и выработать специфические белковые молекулы (*антитела*), связывающие эти чужеродные агенты. Лимфоциты запоминают структуру антигенов, и при повторном внедрении этих агентов в организм иммунный ответ возникает очень быстро, антител образуется больше и заболевание может не развиваться вовсе. Первыми реагируют на попадание в кровь антигенов так называемые *В-лимфоциты*, которые сразу начинают вырабатывать специфические антитела. Часть В-лимфоцитов превращается в *В-клетки памяти*, которые существуют в крови очень долго и способны к размножению. Они запоминают структуру антигена и хранят эту информацию годами. Другой вид лимфоцитов — *Т-лимфоциты* — непосредственно контактируют с чужеродными клетками. Эти лимфоциты подразделяют на

подклассы. Одни из них, так называемые *T-хелперы*, регулируют иммунный ответ организма, стимулируя развитие иммунной системы. Другие — *T-киллеры* — способны непосредственно разрушать чужеродные клетки. Третий подкласс Т-лимфоцитов — *T-супрессоры*, напротив, препятствуют развитию иммунного ответа. Одним из главных оружий Т-киллеров является *оксид азота*. Выделяя это вещество в токсичных концентрациях, они способны убить «вражеские» клетки, проникшие в кровяное русло.

Лейкоциты образуются в красном костном мозге и лимфатических узлах, а разрушаются в селезенке (см. рис. 5.2).

Тромбоциты — очень мелкие безъядерные клетки. Число их достигает 200—300 тыс. в 1 мм³ крови. Они образуются в красном костном мозге (см. рис. 5.2), циркулируют в кровяном русле 5—11 дней, а затем разрушаются в печени и селезенке.

При повреждении сосудов тромбоциты выделяют вещества, необходимые для свертывания крови, способствуя образованию тромба (см. раздел 5.4).

5.3

ГРУППЫ КРОВИ

Проблема переливания крови возникла очень давно. Еще древние греки пытались спасти истекающих кровью раненых воинов, давая им пить теплую кровь животных. Но большой пользы это принести не могло. В 1667 г. во Франции было проведено первое внутривенное переливание крови человеку, который потерял много крови. При этом ему перелили кровь ягненка! Естественно, наблюдались тяжелые осложнения, но, что самое удивительное, пациент их перенес и выздоровел.

В начале 19 столетия в Лондоне были сделаны первые попытки переливания крови непосредственно от одного человека другому, однако они сопровождались большим числом осложнений: эритроциты после переливания крови склеивались, разрушались, что приводило к гибели людей. В начале 20 в. К. Ландштейнер и Я. Янский создали учение о группах крови, позволяющее безопасно возмещать кровопотерю у одного человека (*реципиента*) кровью другого (*донора*).

Выяснилось, что в мембранах эритроцитов содержатся особые вещества, обладающие антигенными свойствами, — *агглютиногены*. С ними могут реагировать растворенные в плазме крови специфические антитела, относящиеся к фракции глобулинов, — *агглютинины*. При реакции «антиген —

антитело» между несколькими эритроцитами формируются мостики, и они слипаются, образуя тромбы, перекрывающие просвет кровеносных сосудов.

Наибольшее распространение получила система подразделения крови на 4 группы, которая носит название АВ.

Группа крови	Агглютиногены на эритроцитах	Агглютিনিны плазмы
I(0)	Отсутствуют (0)	α и β
II(A)	A	β
III(B)	B	α
IV(AB)	A и B	Отсутствуют (0)

Люди, имеющие 0 группу, — *универсальные доноры*, но им самим можно переливать кровь только 0 группы. Объясняется это тем, что кровь 0 группы не может «склеиться» (эта реакция называется *агглютинацией*): ведь в ней нет склеиваемых веществ — агглютиногенов. В эритроцитах крови II группы (группы A) содержится агглютиноген A, а в плазме — агглютинин β ; в эритроцитах III группы (группы B) — агглютиноген B, а в плазме — агглютинин α . Кровь людей II и III группы можно переливать только тем людям, у кого такая же группа крови, или же людям с IV группой крови. В эритроцитах крови IV группы (группы AB) содержатся агглютиногены A и B; агглютининов в плазме у этой группы крови нет. Люди с IV группой крови — *универсальные реципиенты*, так как им можно переливать кровь всех четырех групп. Однако лучше этого не делать, а переливать людям такую же кровь, какая течет в их сосудах. Более 40% европейцев имеют II (A) группу крови, 40% — I (0), 10% — III (B) и 6% — IV (AB). А вот 90% индейцев Америки имеют I (0) группу крови.

Но в крови возможны реакции не только между агглютиногенами и агглютинидами, но и между другими белковыми факторами. Самый известный и самый важный белок-антиген, расположенный в наружной мембране эритроцитов, получил название *резус-фактора*. Назван он в честь макак-резусов, в крови которых был впервые обнаружен. Если в крови есть этот белок, то человека называют *резус-положительным*, если белка нет — *резус-отрицательным*. Врожденных антител в крови к резус-фактору нет, они появляются у резус-отрицательных людей после переливания им резус-положительной крови. В нашей европейской популяции приблизительно 15% людей — резус-отрицательные. Особые проблемы, связанные с резус-фактором, возникают при беременности. Как и все факторы, определяющие группы крови, резус-фактор передается по наследству. Если у жены резус-фактор отрицательный, а у мужа положительный, то ребенок может

унаследовать от отца положительный резус-фактор. И довольно часто случается так, что резус-отрицательная женщина вынашивает резус-положительный плод. Если эритроциты эмбриона с чужеродным для матери резус-белком попадут в кровь матери, то ее иммунная система будет вырабатывать антитела к резус-белку и уничтожать эритроциты плода. Это может привести к целому ряду неблагоприятных последствий.

5.4

СВЕРТЫВАНИЕ КРОВИ

Свертывание крови — важнейшая защитная реакция организма, предохраняющая его от кровопотери. Кровотечение возникает чаще всего при механическом разрушении кровеносных сосудов. Для взрослого мужчины условно-смертельной считается кровопотеря объемом приблизительно 1,5—2,0 л; женщины же могут переносить потерю даже 2,5 л крови. Для того чтобы избежать кровопотери, кровь в месте повреждения сосуда должна быстро свернуться, образовав **тромб**. Тромб формируется при полимеризации нерастворимого белка плазмы — *фибрина*, который, в свою очередь, образуется из растворимого белка плазмы — *фибриногена*.

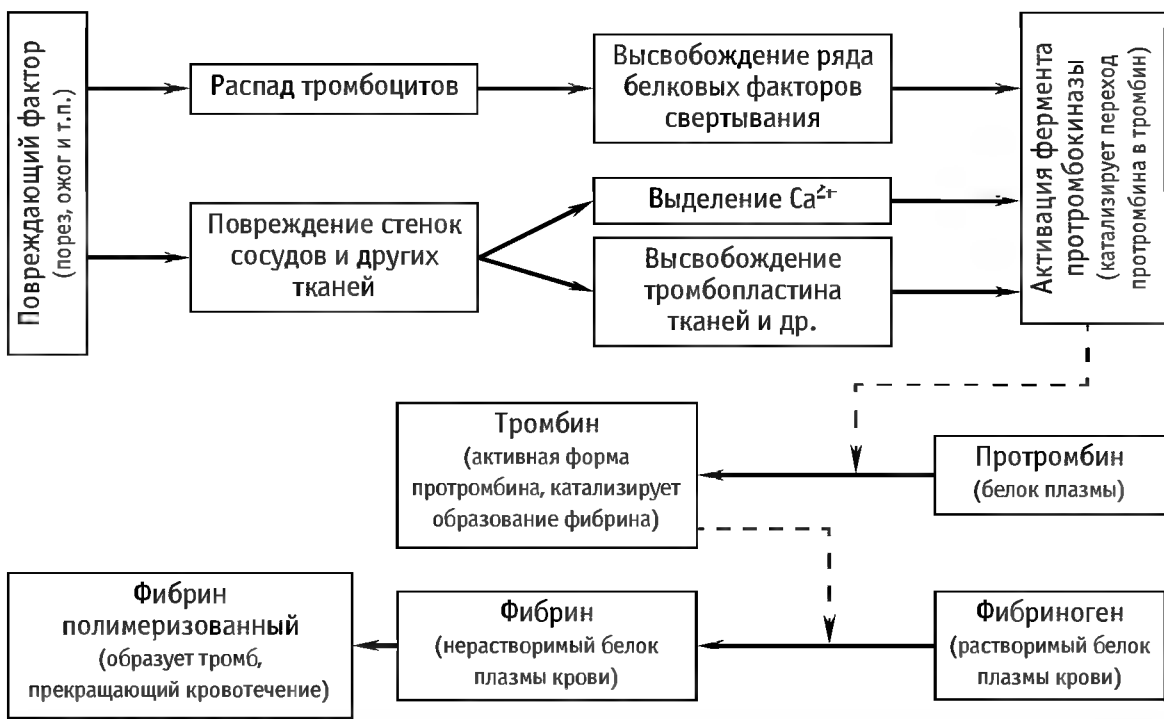


Рис. 5.3. Схема процессов свертывания крови

Процесс свертывания крови очень сложен и включает в себя множество этапов, катализируемых разнообразными ферментами. Он контролируется нервной системой и гуморальным путем. Схематично процесс свертывания крови представлен на рис. 5.3, а также на рис. 5 цв. вкл. Свертывание крови предотвращает ее потерю через рану. В норме в циркулирующей крови присутствуют *тромбоциты* и *плазменные факторы свертывания*, из которых наиболее важны *протромбин*, *фибриноген*, *ионы кальция* и *витамин К*. Так называемые *тканевые факторы* находятся в клетках, окружающих кровеносные сосуды (рис. 5, а цв. вкл.). При повреждении сосуда кровь начинает вытекать из него. Тромбоциты «прилипают» к стенке сосуда, образуя сгусток, закрывающий ранку, и выделяя факторы свертывания и *сосудосуживающие вещества* (рис. 5, б цв. вкл.). Протромбиназа превращает растворимый *фибриноген* в нерастворимый *фибрин*, который закрывает место повреждения (рис. 5.5, в цв. вкл.). Мягкая масса со временем уплотняется; через нее просачивается сыворотка, оставляя плотный сгусток — *фибриновый тромб* (рис. 5.5, г цв. вкл.).

5.5

ЛИМФА

С током крови по артериям в ткани приходит больше жидкости, чем ее уносится по венам. Следовательно, должны возникать отеки. Однако этого не происходит, так как избыток тканевой жидкости поступает в слепо замкнутые капилляры и превращается в лимфу.

По своему составу лимфа похожа на плазму крови, но в ней меньше белков.

Ф у н к ц и и л и м ф ы, так же как и функции крови, направлены на поддержание гомеостаза организма. С помощью лимфы происходит возврат белков из межклеточной жидкости в кровь. В лимфе много лимфоцитов и макрофагов, и она играет большую роль в реакциях иммунитета. Кроме того, в ворсинках тонкого кишечника осуществляется всасывание в лимфу продуктов переваривания жиров.

Стенки лимфатических сосудов очень тонкие. На них имеются складки, образующие *клапаны*, благодаря которым лимфа движется по сосудам только в одном направлении. В местах слияния нескольких лимфатических сосудов располагаются *лимфатические узлы*, выполняющие защитную функцию: в них задерживаются и уничтожаются болезнетворные бактерии. Самые крупные лимфатические узлы расположены на шее, в паху, в подмышечных областях. Всего же у человека 60 лимфатических узлов. В лимфатических узлах образуются *лимфоциты* (см. ранее), уничтожающие попадающие туда

из крови и тканей чужеродные инфекционные агенты, чаще всего — бактерии. Вот почему, если организм человека инфицирован, лимфатические узлы (которые часто называют *лимфатическими железами*) болезненно набухают, увеличиваясь в размерах.

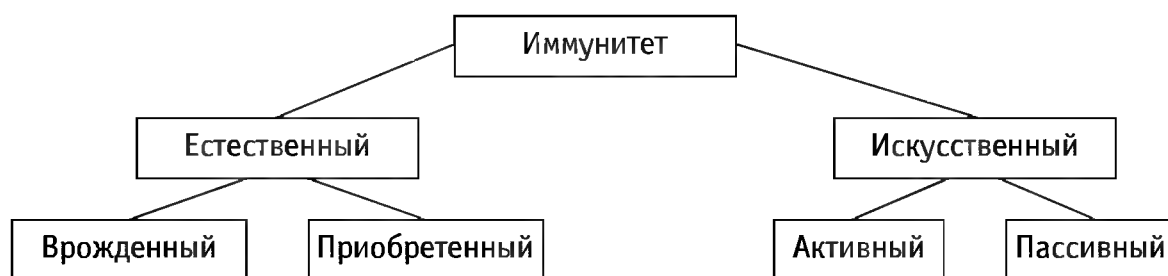
Одна из форм заболевания такой страшной инфекционной болезнью, как чума, получила название «бубонная». *Бубоны* — это увеличенные в размерах болезненные лимфатические узлы, в которых лейкоциты в прямом смысле стоят насмерть, сражаясь с чумными палочками за жизнь своего хозяина.

5.6

ИММУНИТЕТ

Иммунитет — это способность организма защищаться от инфекций (бактерий, вирусов и т. д.) и чужеродных веществ (токсинов и т. п.). Если чужеродный агент проник через защитные барьеры кожи и слизистых оболочек и попал в кровь или лимфу, он должен быть уничтожен путем связывания антителами и (или) поглощения фагоцитами (макрофагами, нейтрофилами). Когда возбудители инфекции попадают в организм, на это мгновенно реагируют лейкоциты, собираясь в пораженном месте. При значительной реакции на заражение возникает защитная реакция организма — *воспаление*. Разрушая «врагов», лейкоциты погибают сами, образуя *гной*.

Существует несколько видов иммунитета.



Естественный врожденный иммунитет передается организму человека с набором генов от предков. *Естественный приобретенный иммунитет* возникает в том случае, когда организм сам выработал антитела к какому-либо антигену, например переболев корью, оспой и т. д., и сохранил память о структуре этого антигена. *Искусственный активный иммунитет* можно выработать, если ввести человеку ослабленные бактерии или другие возбудители (*вакцину*), что приведет к образованию антител. *Искусственный пас-*

сивный иммунитет появляется при введении человеку *сыворотки* — готовых антител от переболевшего животного или другого человека. Этот иммунитет самый нестойкий и сохраняется всего несколько недель.

Очень важную роль в формировании иммунитета играет *вилочковая железа*, или *тимус*. Она расположена за грудиной и хорошо развита только в детстве. Вилочковая железа выделяет целый ряд белковых гормонов, стимулирующих развитие иммунной системы.

5.7

ЗАБОЛЕВАНИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ

Обнаружить, что с системой крови что-то не в порядке, иногда можно даже по внешнему виду больного, однако единственным надежным и объективным способом является анализ крови. Конечно, очень часто изменения в составе крови являются следствием заболевания какой-либо другой системы организма, например пищеварительной или дыхательной. Однако, проведя анализ, опытный врач быстро поймет, в чем причина патологических изменений в крови. В процессе анализа крови устанавливается количество эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов. Причем обязательно определяют процентное соотношение содержания каждого вида лейкоцитов, размер и форму эритроцитов, уровень гемоглобина. Выясняют содержание в плазме сахара, белков и т. п. Специальными анализами можно обнаружить в крови больных людей возбудителей заболеваний — вирусы, бактерии, микроскопические грибы, простейшие.

Одно из самых распространенных заболеваний крови — **малокровие**, или **анемия**. Причина анемии — поражение системы доставки кислорода в органы и ткани. Она может быть результатом нехватки эритроцитов или их аномалии. Еще одна причина анемии — нехватка гемоглобина — переносчика кислорода. Анемичный человек выглядит бледным, усталым, ему трудно выполнять даже элементарную работу. Оно и понятно, ведь подавляющая часть энергии, используемой человеком, выделяется в процессе окисления органических веществ с участием кислорода. При анемии ткани получают слишком мало этого окислителя, а если нет кислорода — нет и энергии.

Чаще всего анемия возникает из-за нехватки в организме железа, являющегося важнейшим компонентом гемоглобина. Если железа мало, то в красном костном мозге вырабатывается меньше, чем нужно, эритроцитов. Такая анемия называется *железодефицитной*. В печени есть небольшой запас железа, но тем не менее этот элемент необходимо постоянно

получать с пищей. Железа много в морепродуктах, мясных продуктах, гречке, фасоли, яблоках, капусте. Так что здоровому человеку вполне достаточно того железа, которое он получает с обычной пищей. Однако есть целый ряд заболеваний, при которых из-за значительной кровопотери организм теряет слишком много железа. Это язвы желудочно-кишечного тракта, заболевания женской половой системы, геморрой. В таких случаях анемия проходит сама после излечения человека от основного заболевания.

Выработка гемоглобина невозможна без постоянного поступления в организм двух витаминов: B_{12} и фолиевой кислоты. Как правило, этих витаминов в пище вполне достаточно; кроме того, некоторое количество B_{12} вырабатывается «дружественными» бактериями, обитающими в кишечнике человека. Но оказалось, что B_{12} может усваиваться организмом только в присутствии особого вещества — *фактора Касла*, которое вырабатывается железами слизистой оболочки желудка. Довольно часто, особенно у пожилых людей, выработка этого фактора снижена, из-за чего B_{12} не усваивается и гемоглобин не вырабатывается в нужных количествах. Возникает болезнь, которая называется **злокачественной анемией** и от которой человек может погибнуть. Однако если больному начать делать уколы B_{12} , то симптомы заболевания исчезают. Такие уколы приходится делать всю оставшуюся жизнь, хотя современные препараты витамина B_{12} можно использовать всего один раз в несколько месяцев.

При некоторых разновидностях анемии железа в организме вполне достаточно, но имеют место дефекты или в белковой части гемоглобина, или в структуре самих эритроцитов. В случае болезни, называемой **талассемией**, в костном мозге вырабатывается дефектный гемоглобин, который плохо отдает тканям кислород и очень быстро распадается. Талассемия — наследственное заболевание, его вызывают мутации в генах одного или обоих родителей. Талассемия распространена в странах Средиземноморья. **Серповидноклеточная анемия** также связана с мутацией в белковой части гемоглобина. При этом заболевании эритроциты приобретают форму полумесяца и быстро разрушаются (рис. 5.4). Дефектные эритроциты могут образовывать тромбы в мелких сосудах, что вызывает, помимо симптомов анемии, лихорадку и болезненные ощущения. Серповидноклеточная анемия также передается по наследству, распространено это заболевание среди жителей Африки.

Гемофилия — тяжелое наследственное заболевание, вызванное мутацией в X-хромосоме. У женщин этих хромосом две, и вероятность заболевания практически сводится к нулю. А вот у так называемого сильного пола — мужчин — только одна X-хромосома, а вторая половая хромосома — Y — не идентична X-хромосоме и не может компенсировать дефект в X-хромосоме. Таким образом, носительницами гемофилии являются женщи-



Рис. 5.4. Микрофотография эритроцитов (в форме полумесяца) человека, больного серповидноклеточной анемией

ны, а болеют ею мужчины, получая дефектную X-хромосому от матери. При этом заболевании в сложной цепочке реакций свертывания крови отсутствует так называемый *фактор VIII*, и поэтому кровь не свертывается ни при наружных, ни при внутренних повреждениях сосудов. Если большинству людей случайный кровоподтек, который мы небрежно называем синяком, ничем не грозит, то при гемофилии любой небольшой ушиб порождает массу проблем — под кожей возникает обширное кровоизлияние, которое очень трудно остановить. Любая царапинка или необходимость удалить зуб становится смертельно опасной проблемой (рис. 6 цв. вкл.). Сейчас гемофилию учатся лечить. Можно до какой-то степени возместить нехватку фактора VIII и облегчить страдания больного.

Не менее, чем сниженная свертываемость крови, опасна повышенная способность к образованию тромбов, ведущая к развитию инсультов и инфарктов. Иногда часть тромба, называемая *эмболом*, отделяется и с током крови «пу-

тешествует» по организму, угрожая где-либо перекрыть ток крови. Так, закупорка ветви легочной артерии тромбом приводит к молниеносной смерти.

Смертельно опасными заболеваниями крови являются **лейкозы**. При лейкозах происходят злокачественные изменения в лейкоцитах. Выделяют несколько форм лейкозов в зависимости от того, какой вид лейкоцитов поражен. При лейкозах лейкоциты вырабатываются в очень больших количествах, но созревают они неправильно и не могут выполнять своих защитных функций. В результате в организме наблюдается *белокровие* — очень высокое содержание измененных лейкоцитов, которые подавляют и функции костного мозга, и иммунитет. Причины возникновения лейкозов не известны. Спровоцировать начало заболевания может и ионизирующая радиация, и химические воздействия на организм, и вирусная инфекция. В настоящее время на борьбу с лейкозами выделяются значительные средства и уже наметились немалые успехи.

Но, наверное, самое известное заболевание, непосредственно связанное с кровью, — это **СПИД**. В начале 80-х гг. прошлого века было отмечено быстрое увеличение числа людей с новым загадочным заболеванием. Больные теряли способность сопротивляться инфекциям, их иммунитет стремительно ослабевал, и они погибали от различных болезней, чаще всего от особой формы воспаления легких или редкой разновидности рака. Заболевание явно не передавалось по наследству и чаще всего встречалось или у наркоманов, или у мужчин-гомосексуалистов. Реже это страшное заболевание развивалось у людей, которым переливали чужую кровь. Болезнь не имела «своих» специфических симптомов и не проявлялась как отдельное заболевание. Но резкое подавление деятельности иммунной системы приводило к развитию целого ряда различных инфекций, которые и сводили больного в могилу. Поскольку сочетание встречающихся вместе болезненных состояний называется *синдромом*, новое заболевание назвали *синдромом приобретенного иммунодефицита* (СПИД). Через некоторое время выяснилось, что возбудителем этого недуга является вирус, который уже был известен ученым и носил название *вируса иммунодефицита человека* (ВИЧ). ВИЧ относится к ретровирусам: наследственным материалом в них является РНК. Попадая в клетки хозяина, эта РНК «заставляет» их производить новые вирусные частицы. Выходя из пораженных клеток, вирусы проникают в здоровые клетки, и процесс распространяется дальше. Единственной мишенью для ВИЧ являются лимфоциты, относящиеся к Т-хелперам, которые во многом координируют работу всех клеток иммунной системы. Определенное время организм способен бороться с этой инфекцией, вырабатывая антитела против ВИЧ, однако со временем количество Т-хелперов снижается, а число вирусных частиц неуклонно возрастает. Через несколько недель, а иногда и через несколько лет после заражения начинают

проявляться симптомы ВИЧ-инфекции, т. е. у человека развивается СПИД. Больной быстро худеет, у него увеличиваются лимфатические узлы, появляется сильная утомляемость, колеблется температура тела. Затем его начинают преследовать различные инфекции и онкологические заболевания.

Происхождение вируса иммунодефицита пока не выяснено. Исследования природы и распространения этого вируса указывают на то, что первые случаи заражения людей произошли в Центральной Африке, им более 25, но менее 100 лет. Сначала ВИЧ циркулировал внутри небольшой изолированной группы людей, а затем начал распространяться по всей планете. Самое бедственное положение с заболеванием СПИДом в Африке, Средней Азии и Восточной Европе. В 2000 г. на Земле было не менее 40 млн носителей ВИЧ, и число этих людей стремительно растет.

Как же ВИЧ передается от человека к человеку?

К счастью для людей, вне организма человека ВИЧ практически мгновенно погибает. Этот вирус не распространя-

ется при чихании, кашле и поцелуях, через воду, при рукопожатии, пользовании одной тарелкой и ложкой. Неизвестны доказанные случаи передачи вируса от человека к человеку при укусе комара или блохи. Считается, что для заражения ВИЧ необходим контакт с кровью, спермой, спинномозговой жидкостью или грудным молоком больного, причем этот контакт должен происходить в теле инфицируемого. ВИЧ главным образом передается при инъекции иглой, в которой осталась инфицированная ВИЧ кровь, при переливании такой крови, от инфицированной матери младенцу через кровь или молоко, при любых половых контактах. В последнем случае вероятность заражения, естественно, возрастает в тех случаях, когда слизистая или кожа в месте контакта повреждена.

Можно ли излечиться от СПИДа?

Пока, увы, нет, хотя и разработан целый ряд лекарств, не дающих вирусу

размножаться в крови хозяина. Сейчас уже возможно уменьшить число вирусных частиц в крови приблизительно в 100 раз, однако окончательно победить эту инфекцию еще не удастся. Слабым, но все-таки утешением является тот факт, что некоторые люди генетически устойчивы к ВИЧ. В их наборе генов присутствует мутация, препятствующая синтезу белка, с помощью которого вирус прикрепляется к клетке. Следовательно, вирус не сможет проникнуть в Т-хелпер и вызвать заболевание. Описываемая мутация встречается у 10% людей, причем только у европейцев. Если человечество не сможет найти надежные способы борьбы с вирусом иммунодефицита и распространение СПИДа по нашей планете будет продолжаться, то потомки именно этих 10% людей заселят когда-нибудь Землю, а СПИД навсегда уйдет в историю. Будем, однако, надеяться на то, что в течение ближайших 10—15 лет ученые создадут вакцину и эффективное лекарство от СПИДа.

СПИД — самый известный и самый распространенный вид иммунодефицита. Вообще же болезней, при которых о с л а б е в а е т иммунитет, довольно много.

Ослабление иммунитета, как мы видим, приводит к тяжелым последствиям. Но множество проблем порождает и его п а т о л о г и ч е с к о е у с и л е н и е, при котором начинают вырабатываться антитела к своим собственным белкам. В результате происходит разрушение здоровых клеток и тканей. Такие болезни называли *аутоиммунными*, и причин их возникновения несколько. Одной из них может быть повышенная активность вилочковой железы (тимуса). Как отмечалось выше, тимус выделяет вещества, стимулирующие иммунитет, но пик активности этой железы приходится на период детства. Если же тимус продолжает «подстегивать» реакции иммунитета и у взрослого человека, то его приходится удалять. Примерами аутоиммунных заболеваний, кроме *миастении*, являются **системная красная волчанка** и некоторые формы **артритов**.

Аллергия — это повышенная чувствительность организма к какому-либо веществу. Очень часто она проявляется в слабой форме и не вызывает у человека каких-либо неприятных ощущений. Но иногда аллергия лежит в основе опасных болезней, например **астмы**. Большинство аллергических заболеваний вызвано нарушениями в работе иммунной системы. У здорового человека иммунная система отличает безвредные чужеродные белки от опасных для организма и мало на них реагирует. У аллергика на безвредный чужеродный белок антитела вырабатываются так же, как на самые опасные возбудители болезней. В результате возникает реакция, сходная с воспалением. Иногда эта реакция так сильна, что становится опасной для жизни человека.

Вещества, вызывающие аллергию, называются *аллергенами*. Самые известные из них — шерсть животных, пыльца растений, яд некоторых насекомых (пчел, ос). Чаще всего аллергия проявляется в тех местах организма, на которые непосредственно воздействуют аллергены. Иногда аллергия сопровождается отеком дыхательных путей и сильным снижением артериального давления. Это явление называется *анафилактическим шоком*. В таком случае, чтобы спасти человеку жизнь, вводят адреналин. Для предупреждения аллергии используют вещества, снижающие реакцию организма на аллергены и позволяющие предотвращать наступление приступа болезни.

КРОВООБРАЩЕНИЕ

Кровь может выполнять свои функции только в том случае, если она непрерывно движется по сосудам. Именно таким образом кровь «соединяет» все органы нашего тела. Движение крови происходит благодаря координированной работе **органов кровообращения — сердца и сосудов**. Остановка сердца хотя бы на мгновение приводит к смерти человека и необходимы срочные реанимационные мероприятия для того, чтобы вновь заставить сердце биться.

То, что сердце — насос, предназначенный для перекачивания крови по сосудам, — казалось бы, очевидный и общеизвестный факт. Однако до выхода в свет книги великого англичанина Уильяма Гарвея (1628 г.) господствовали совершенно иные представления. С глубокой древности считалось, что сердце — очаг «теплоты» организма, а во многих сосудах циркулирует совсем даже не кровь, а воздух. Нет сомнений в том, что Гиппократ, Аристотель и Гален были великими учеными, но при изучении и описании кровеносной системы человека они сделали множество ошибок. У. Гарвей доказал, что кровь не образуется постоянно заново, а ее постоянное, относительно небольшое количество циркулирует в организме. Причем движется кровь по сосудам за счет давления, создаваемого сокращениями сердца. За спиной у последователей Аристотеля и Галена стояла церковь, спорить с которой было смертельно опасно. Да и доводы у противников Гарвея были далеко не всегда корректными. Когда У. Гарвей, вскрыв сосуды у мертвой собаки, доказал, что в них находится не воздух, а кровь, ему возразили, что кровь собирается в сосудах только после смерти, а у живых существ в сосудах находится лишь воздух. Вот и поспорь с такими противниками... Тем не менее У. Гарвей блестяще доказал свою правоту, его учение о кровообращении было достойно оценено еще при его жизни. У. Гарвей справедливо признается основоположником современной физиологической науки.

СТРОЕНИЕ И РАБОТА СЕРДЦА

Сердце человека находится в грудной клетке позади грудины. Оно закреплено на центральной связке мышцы диафрагмы (рис. 6.1). Сердце начинает сокращаться уже на 19-й или 20-й день внутриутробного развития плода. Сначала сердце эмбриона похоже на U-образную трубочку, но между 20—40-м днями оно по своей общей конфигурации становится сходным с сердцем взрослого человека.

Сердце взрослого человека представляет собой полый мышечный орган массой около 300 г, разделенный перегородками на четыре камеры (рис. 7 цв. вкл.). Левую половину сердца, в которой находится артериальная кровь, иногда называют *системной*, а правую половину, в которой кровь венозная, — *легочной*. В каждой половине сердца есть соответствующие *предсердие* и *желудочек*, разделенные *атриовентрикулярной перегородкой*, в которой имеются *атриовентрикулярные клапаны*. В перегородке между левым предсердием и левым желудочком находится *двустворчатый*

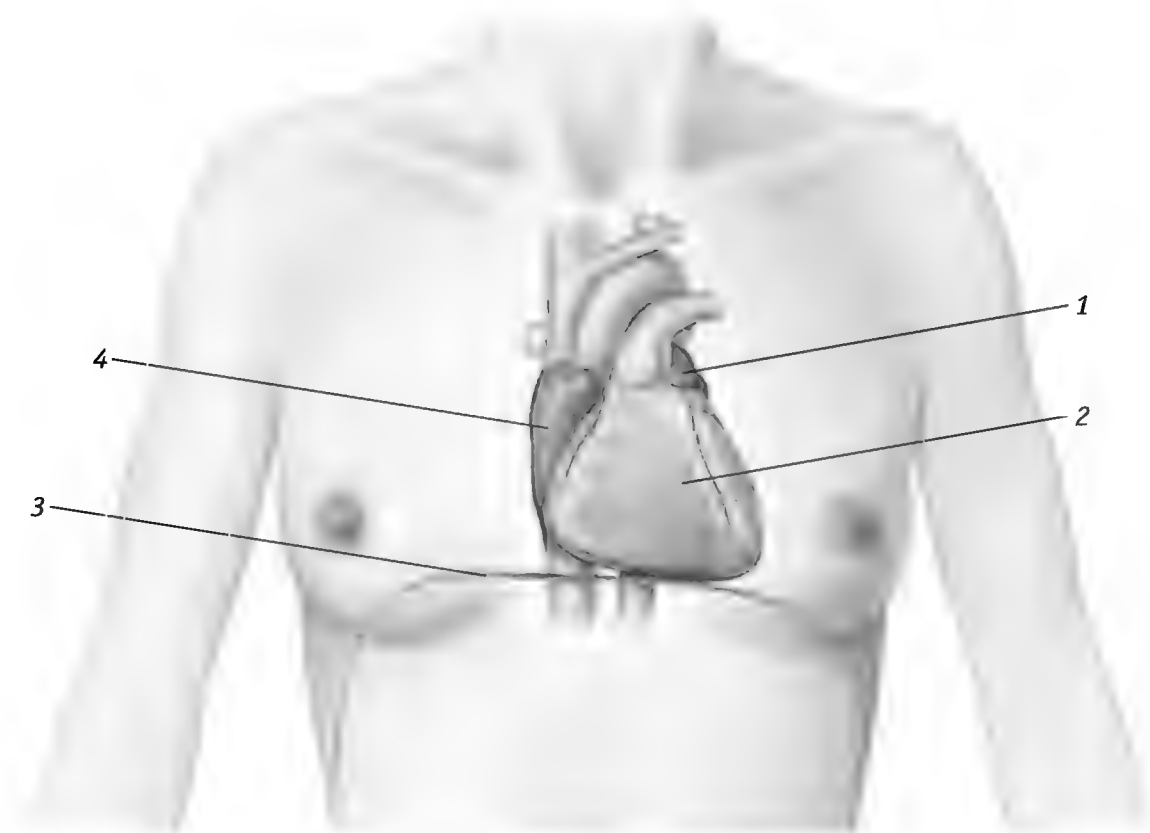


Рис. 6.1. Расположение сердца в грудной клетке:

1 — левое предсердие; 2 — левый желудочек; 3 — диафрагма; 4 — правое предсердие

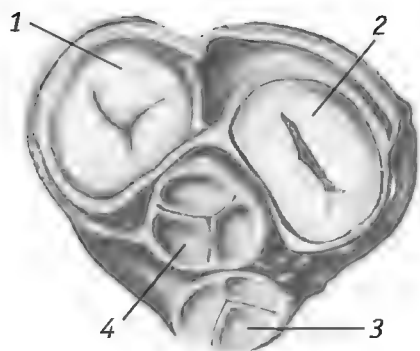


Рис. 6.2. Клапаны сердца:

1 — трехстворчатый; 2 — двустворчатый; 3 — клапан аорты; 4 — клапан легочного ствола

(митральный) клапан. (Митральным этот клапан назвали потому, что его створки по форме напоминают головной убор католических епископов — митру.) В перегородке между правым предсердием и правым желудочком располагается *трехстворчатый клапан* (рис. 6.2). Со стороны желудочков к клапанам прикреплены сухожильные нити, благодаря чему клапаны могут открываться только в сторону желудочков и соответственно пропускать кровь только из предсердий в желудочки. Клапаны необходимы для обеспечения

тока крови в сердце в **о д н о м н а п р а в л е н и и** — из предсердий в желудочки — иначе кровь, которая должна уйти по артериям в ткани организма, возвращалась бы в сердце.

Из **л е в о г о ж е л у д о ч к а** выходит самая большая артерия — *аорта*, дающая начало *большому кругу кровообращения*. Из **п р а в о г о ж е л у д о ч к а** выходит *легочная артерия*, с которой начинается *малый, или легочный, круг кровообращения*. В самом начале аорты и легочной артерии расположены *полулунные клапаны*, пропускающие кровь в сосуды соответственно большого или малого кругов кровообращения, но не допускающие ее попадания обратно в сердце. Левый желудочек сердца имеет более толстые стенки, чем правый. Это связано с тем, что в нем начинается большой круг кровообращения.

Снаружи сердце покрыто специальной оболочкой — *перикардом*, образующей *околосердечную сумку*, выполняющую защитные функции. Стенка сердца имеет **т р и с л о я**, самым мощным из которых является средний слой — *миокард*, образованный *поперечнополосатыми мышцами*. Волокна этих мышц имеют ряд особенностей, и поэтому сердечные поперечнополосатые мышцы выделяют в отдельную группу.

Миокард образован длинными волокнами, каждое из которых представляет собой цепочку мышечных клеток — *миоцитов*. Миоциты в цепочке соединены особыми контактами, благодаря чему возбуждение переходит с одного миоцита на другой без задержек и затухания. Возникающее в одной области сердечной мышцы возбуждение беспрепятственно распространяется по всему миокарду, и вся мышца сокращается. В клетках миокарда очень много митохондрий — «энергетических станций» клетки, что связано с большой нагрузкой на сердечную мышцу вследствие постоянного ритмичного сокращения сердца в течение всей человеческой жизни.

Наружный слой сердечной стенки, расположенный над миокардом, называется *эпикардом*, а внутренний слой, выстилающий полость сердца изнутри, — *эндокардом*. Эндокард образует сердечные клапаны.

Сердечная мышца обладает особым свойством — *а в т о м а т и е й*. Если сердце удалить из грудной клетки, оно некоторое время продолжает сокращаться, не имея никакой связи с организмом. Импульсы, заставляющие сердце биться, ритмически возникают в небольших группах мышечных клеток, которые получили название *пейсмейкеров*. Самый главный *у з е л а в т о м а т и и* (скопление клеток-пейсмейкеров) расположен в стенке правого предсердия у места впадения в него полых вен. Этот узел называется *синусным*, или *синоатриальным*. Возбуждение, возникающее в этом узле, распространяется сначала по мышечным волокнам специальной проводящей системы, а затем — по всей сердечной мышце, заставляя ее сокращаться. Еще один крупный узел автоматии расположен в перегородке между предсердиями и желудочками; имеются и другие, более мелкие узлы. У здорового человека ритм сердцебиений задается синоатриальным узлом.

Работа сердца состоит в ритмическом нагнетании крови в сосуды большого и малого кругов кровообращения. Средняя частота сердечных сокращений у человека в состоянии покоя — 75 ударов в минуту. Один *с е р д е ч н ы й ц и к л*, состоящий из сокращения (*систола*) и расслабления (*диастола*) сердца, длится 0,8 с: систола предсердий — 0,1 с; систола желудочков — 0,3 с; диастола предсердий и желудочков — 0,4 с. При каждой систоле предсердий кровь из них переходит в желудочки, после чего начинается систола желудочков. По окончании систолы предсердий атриовентрикулярные клапаны захлопываются, и при сокращении желудочков кровь не может вернуться в предсердия, а выталкивается через открытые полулунные клапаны из левого желудочка по аорте в большой круг, а из правого по легочной артерии — в малый круг кровообращения. Затем наступает диастола желудочков: полулунные клапаны закрываются и не дают крови вытекать обратно из аорты и легочной артерии в желудочки сердца.

Работа сердца сопровождается акустическими явлениями, называемыми *тонами сердца*. Тоны сердца можно услышать, приложив ухо к груди. Но обычно пользуются простейшим приспособлением — *стетоскопом*. При каждом сокращении сердца слышны *д в а з в у к а*. Низкий и длинный звук раздается при смыкании створчатых клапанов: двустворчатого и трехстворчатого. Более высокий и короткий звук возникает при смыкании полулунных клапанов аорты и легочного ствола. Между первым и вторым тонами наступает фаза сокращения сердечных желудочков. Тоны сердца порождаются завихрениями потока крови, проходящего через сердце. Для чего врач прослушивает эти тоны? В случае нарушения работы одного из клапанов — его закупорки или, наоборот, подтекания — тоны сердца изменяются, что позволяет врачу поставить диагноз.

При каждом сокращении из сердца выталкивается в большой и малый круги кровообращения приблизительно по 75 мл крови. Данный объем называют *систолическим*. *Минутный объем сердца* — это тот объем крови, который сердце выбрасывает в оба круга за 1 мин. Величина эта в покое в среднем составляет 4,5—5,0 л, однако при тяжелых нагрузках может повышаться до 30 л!

Сердечный ритм меняется с возрастом. У новорожденного частота сердечных сокращений достигает 125 ударов в минуту. К трем годам сердечный ритм снижается до 100 ударов, к 5 годам — до 90 ударов и, наконец, к 16 годам — до 75 ударов в минуту. Тренированные сердца спортсменов отличаются повышенным выбросом крови, и поэтому в спокойном состоянии они бьются реже, чем у нетренированных людей. Например, у бегунов на короткие дистанции — спринтеров — частота сердечных сокращений в покое составляет 66 ударов в минуту, а у марафонцев и вовсе — 44 удара в минуту.

В течение жизни человека сердце, не останавливаясь ни на мгновение, совершает колоссальную работу. За день сердце среднего человека сокращается не менее 100 000 раз. Если прожить 70 лет, то за эти годы сердце сократится 3 миллиарда раз! И ведь это без «ремонта, замены частей, смазки» и т. п. Назовите какой-либо механизм, созданный человеком, который способен так же работать! И ведь сердце не работает вхолостую. Оно качает кровь: через него проходит 7000 л крови за час, а за 70 лет — 175 млн л! Чтобы так интенсивно трудиться, сердечная мышца должна получать с кровью много кислорода и питательных веществ.

Кровеносная система сердца называется *коронарной*. *Левая и правая коронарные артерии* отходят от аорты, идут в толщу сердечной мышцы, разветвляются и образуют капиллярную сеть, по которой артериальная кровь достигает всех клеток сердечной мышцы.

6.2

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА

При распространении возбуждения от узла автоматии по миокарду и при сокращении сердца электрические потенциалы отдельных мышечных волокон суммируются. Этот суммарный потенциал так велик, что может быть зарегистрирован даже на поверхности тела человека. Так как сердце человека состоит из четырех камер, которые сокращаются не одновременно, а в определенной последовательности, то электрические сигналы, исходящие от серд-



Рис. 6.3. ЭКГ человека (объяснение в тексте)

ца, имеют сложную природу. Кривую колебаний электрических потенциалов в течение сердечного цикла назвали *электрокардиограммой* (ЭКГ).

В связи с тем что электрические сигналы от сердца достигают всех точек тела, ЭКГ можно регистрировать самыми различными способами. Однако чаще всего применяют так называемые *стандартные отведения ЭКГ*. При первом стандартном отведении регистрирующие электроды располагают на правой и левой руке, при втором — на правой руке и левой ноге, при третьем — на левой руке и правой ноге. Типичная ЭКГ во втором отведении показана на рис. 6.3. Зубцы ЭКГ принято обозначать латинскими буквами. Зубец Р — отражает возбуждение предсердий, комплекс QRS — распространение возбуждения по желудочкам, зубец Т — восстановление состояния миокарда желудочков после их сокращения. Интервал Т—Р соответствует периоду покоя сердца — диастоле. По характеру ЭКГ можно определить ритм сокращений и особенности работы сердца и его частей. При заболеваниях сердца или нарушениях его регуляции форма зубцов и интервалов ЭКГ меняется, поэтому *электрокардиография* является важнейшим диагностическим методом.

6.3

РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА

В течение жизни человека периоды физического и эмоционального напряжения многократно чередуются с периодами относительного покоя. В связи с этим параметры работы сердца должны очень сильно меняться в зависимости от нагрузки на организм. Регуляция сердечной деятельности осуществляется двумя путями: нервным и гуморальным.

Нервная регуляция работы сердца осуществляется вегетативной нервной системой, строение и работа которой будут подробно описаны далее. Вегетативная нервная система подразделяется на два отдела: симпатический и парасимпатический.

Симпатические влияния, т. е. нервные импульсы, приходящие к сердцу по симпатическим волокнам, учащают сердцебиение, усиливают сокращения

стенок предсердий и желудочков, улучшают проведение возбуждения в сердце. Под действием симпатических влияний улучшается снабжение сердечной мышцы кислородом, питательными веществами и т. п. Симпатические влияния на сердце усиливаются при повышенной физической и эмоциональной нагрузке, при стрессе. Симпатические эффекты проявляются на сердце не мгновенно; требуется несколько секунд, чтобы сердце усилило свою деятельность. Эти влияния продолжают длительное время после окончания стимуляции симпатического нерва.

Парасимпатические влияния, т. е. импульсы, приходящие к сердцу по волокнам основного парасимпатического нерва — *блуждающего*, или *вагуса*, приводят к реакциям противоположной направленности по сравнению с симпатическими эффектами.

Парасимпатические влияния вызывают урежение сердцебиений, уменьшение силы сокращений миокарда, снижение скорости проведения возбуждения в сердце. Патологически сильное раздражение блуждающего нерва может даже привести к остановке сердца. Следует отметить, что результат раздражения блуждающего нерва зависит также от степени наполнения сердца и сердечных сосудов кровью: если в сердце мало крови и его стенки растянуты слабо, то раздражение блуждающего нерва может вызвать учащение сердечного ритма.

В сердце из нервных окончаний симпатических волокон выделяется медиатор *норадреналин*, стимулирующий сердечную деятельность, а из окончаний блуждающего нерва — медиатор *ацетилхолин*, тормозящий работу сердца.

Гуморальные влияния на сердечную деятельность оказывают многие физиологически активные вещества, переносимые кровью. К ним относятся некоторые гормоны, пептиды, соли и др. Гормон мозгового слоя надпочечников *адреналин*, выделяющийся из железы в кровь при повышенной нагрузке на организм, учащает и усиливает сокращения сердца, взаимодействуя с особыми рецепторами на кардиомиоцитах. Стимулирующим воздействием на сердечную деятельность обладают также гормон щитовидной железы *тироксин* и гормон поджелудочной железы *глюкагон*. Важными регулирующими факторами являются пептиды — *брадикинин*, *ангиотензин* и др. В последние годы доказано, что кардиомиоциты предсердий сами вырабатывают и выделяют в кровь так называемые *атриопептиды*, оказывающие воздействие на сердечную деятельность. Повышение содержания в плазме крови солей K^+ ослабляет сердечную деятельность, а соли Ca^{2+} оказывают на сердце стимулирующее воздействие.

Работа сердца зависит от эмоционального состояния человека — радости, страха, ярости, тревоги и т. п. Материальным субстратом этих и других эмоциональных состояний являются структуры головного мозга.

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

У человека, как и у всех млекопитающих, кровеносная система замкнутая, и кровь циркулирует в организме по сосудам.

От сердца кровь оттекает по **артериям**. Давление крови в артериях достаточно велико, и они имеют плотные **трехслойные** стенки. Наружный слой образован соединительной тканью, средний слой — гладкомышечной, внутренний слой состоит из одного слоя клеток и называется **эндотелием** (рис. 8 цв. вкл.). Самая крупная артерия нашего организма — **аорта** — берет начало в **левом желудочке**.

С аорты начинается **большой круг кровообращения** (рис. 6.4). От аорты отходит ряд крупных артерий: *сонные*, снабжающие кровью мозг; *подключичные*, несущие кровь в верхние конечности; *подвздошные*, питающие нижнюю часть тела, и т. д. Как правило, крупные артерии хорошо защищены, располагаясь в толще поперечнополосатых мышц. От аорты отходят также две *коронарные артерии*, обеспечивающие кровоснабжение сердечной мышцы.

Крупные артерии разветвляются на более мелкие, а те, в свою очередь, разделяются на **артериолы**. Разветвления артериол переходят в **капилляры** — тончайшие сосуды, стенки которых состоят лишь из одного слоя клеток. Через эти стенки происходит обмен веществами между кровью и тканями. Диаметр капилляров достигает 5 мкм, длина одного капилляра — 0,5—1,0 мм, а их общая протяженность в организме человека составляет примерно 100 000 км! Чем выше требования к уровню обмена в какой-либо ткани организма, тем лучше разветвлена в ней капиллярная сеть.

В артериальных концах капилляров растворенные в крови вещества проходят через их стенки в окружающие ткани. В венозных концах капилляров давление крови падает, а осмотическое давление, создаваемое белками плазмы крови, способствует переходу воды с растворенными в ней продуктами обмена веществ из окружающих тканей в венозные отделы капилляров. Из капилляров кровь поступает в **венулы**, которые переходят в **вены**. В венах давление крови значительно меньше, чем в артериях. Стенки вен имеют те же **три** слоя, что и артерии, но мышечный слой в них гораздо тоньше. Крупные вены снабжены внутренними *клапанами*, обеспечивающими движение крови только по направлению к **сердцу** (рис. 6.5). Венозная кровь из верхней части тела поступает в *верхнюю полую вену*, а из нижней части тела — в *нижнюю полую вену*. Полые вены впадают в **правое предсердие**, где и заканчивается большой круг кровообращения.

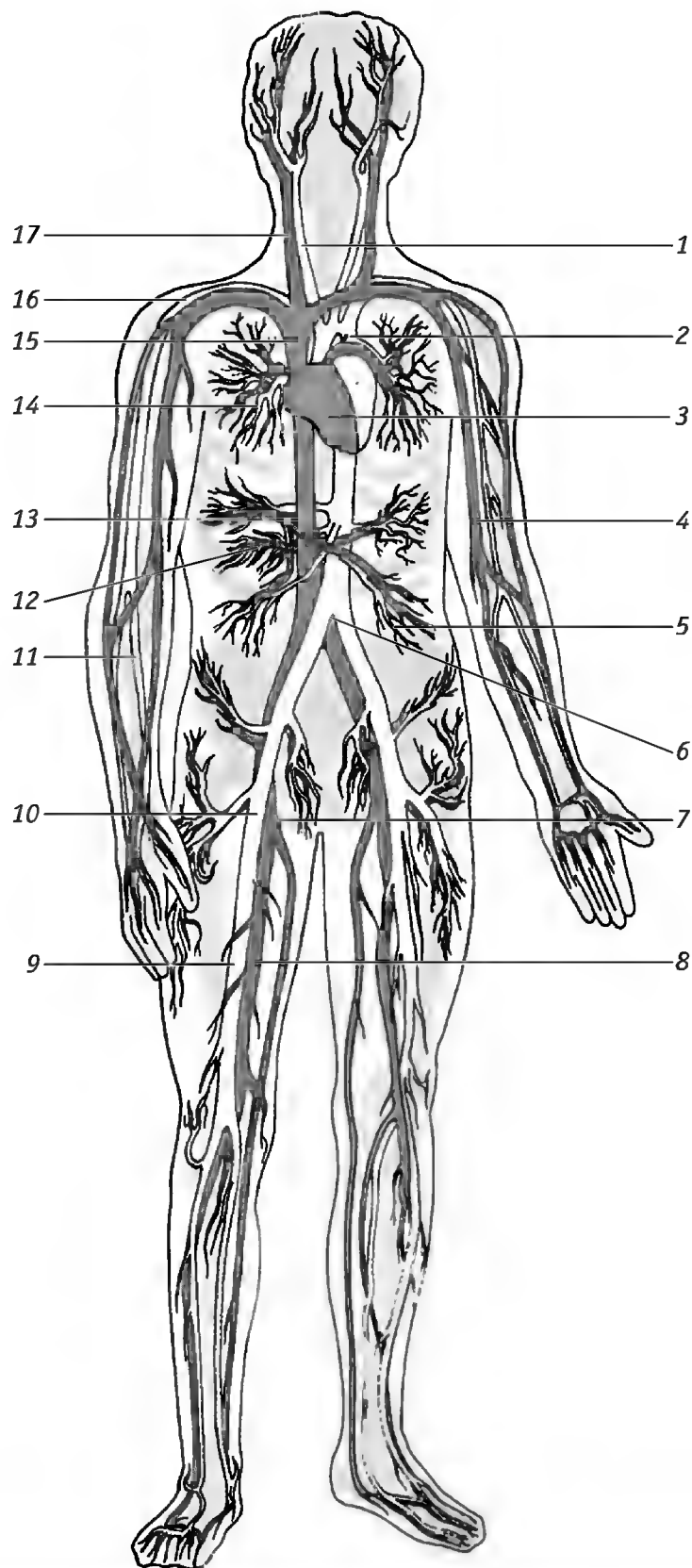


Рис. 6.4. Схема кровообращения человека:

1 — сонная артерия; 2 — дуга аорты; 3 — сердце; 4 — внутренняя вена предплечья; 5 — кровообращение органов; 6 — нисходящая часть дуги аорты; 7 — подвздошная вена; 8 — бедренная вена; 9 — бедренная артерия; 10 — подвздошная артерия; 11 — плечевая артерия; 12 — почечное кровообращение; 13 — нижняя полая вена; 14 — малый круг кровообращения; 15 — верхняя полая вена; 16 — подключичная артерия; 17 — яремная вена

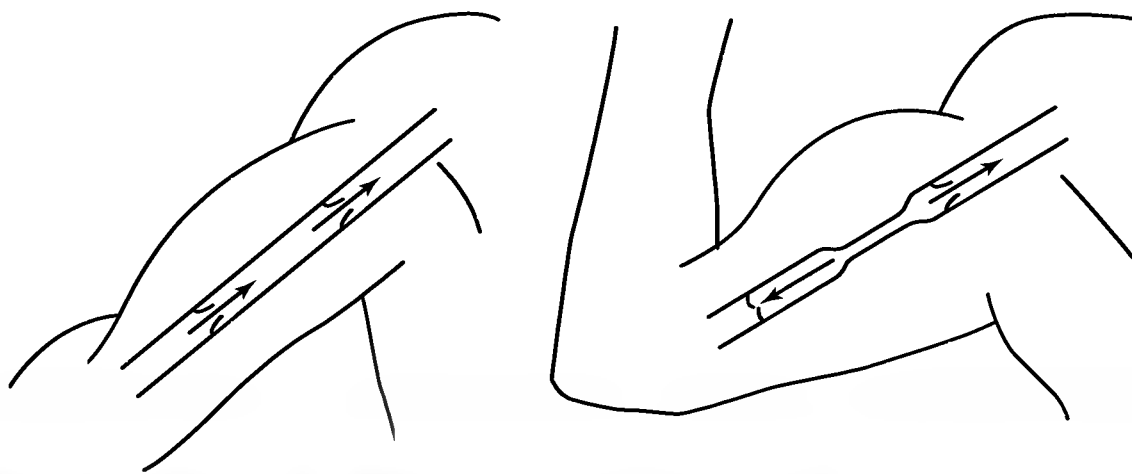


Рис. 6.5. Схема действия клапанов в крупных венах

Малый круг кровообращения начинается в правом желудочке сердца, из которого выходит *легочная артерия* (см. рис. 6.4). Так как этот сосуд выносит кровь из сердца, он называется *артерией*, хотя и содержит кровь, бедную кислородом, — *венозную*. Легочная артерия разветвляется на *левую и правую легочные артерии*, по которым венозная кровь попадает в легкие, где обогащается кислородом, превращаясь в *артериальную* (см. главу 7). По *легочным венам* артериальная кровь поступает в левое предсердие.

6.5

ДВИЖЕНИЕ КРОВИ ПО СОСУДАМ

Движение крови по сосудам определяется двумя факторами:

- 1) разностью давления крови в артериях и венах, которая поддерживается сокращениями сердца;
- 2) сопротивлением стенок сосудистого русла току крови.

Скорость течения крови обратно пропорциональна площади поперечного сечения сосудов. Так, площадь сечения аорты примерно в 1000 раз меньше площади суммарного сечения всех капилляров. Поэтому скорость тока крови в аорте — примерно 0,5 м/с, а в капиллярах — 0,5 мм/с. При такой небольшой скорости движения в капиллярах кровь успевает выполнить свои обменные функции. Несмотря на то что кровь выбрасывается из сердца в сосудистое русло толчками, она движется по сосудам непрерывным потоком, что обусловлено эластичностью стенок артерий. Артерии во время систолы

сердца наполняются кровью, их стенки растягиваются, затем во время диастолы артерии выталкивают кровь в более мелкие сосуды.

Давление в венах низкое, и продвижению крови по этим сосудам способствуют:

- 1) венозные клапаны;
- 2) сокращения скелетных мышц, окружающих вены;
- 3) присасывающее действие грудной клетки во время вдоха (рис. 9 цв. вкл.).

Давление крови удобнее всего измерять в плечевой артерии. В этом сосуде у здорового человека оно составляет в среднем в момент систолы 120 мм рт. ст., а в момент диастолы — 80 мм рт. ст. В аорте давление значительно выше, а в сосудах кисти — значительно ниже. В крупных венах грудной полости давление практически равно атмосферному.

В момент систолы очередная порция крови поступает в аорту, далее эти толчки распространяются по сосудам, их называют *артериальным пульсом*. По частоте и силе пульса можно судить о состоянии сердца и сосудов. Удобнее всего регистрировать пульс в тех местах, где артериальные сосуды ближе всего подходят к поверхности тела. Это шея, предплечье, висок и т. д.

Просвет сосудов, а вместе с ним и давление крови регулируются нервной и эндокринной системами.

Главный нервный центр регуляции кровотока называется *сосудодвигательным* и расположен в продолговатом мозге. От него возбуждение распространяется по симпатическим и парасимпатическим нервам. *Симпатические* влияния сужают сосуды периферических органов, повышая в них давление. Исключение составляют сосуды мозга, сердца и легких. *Парасимпатические* влияния приводят к сосудорасширяющему эффекту.

Информация о давлении и составе крови в сосудах поступает в головной мозг от многочисленных рецепторов, расположенных в стенках кровеносных сосудов. Наиболее важные группы рецепторов расположены в стенках дуги аорты, в месте разветвления общей сонной артерии на внутреннюю и наружную, в стенках легочной артерии. Химические рецепторы сосудов реагируют на изменение концентрации O_2 , CO_2 , H^+ и других веществ в крови.

Давление крови регулируется также многочисленными химическими факторами, переносимыми кровью, т. е. гуморально. Сильнейшим эффектом обладает *адреналин*, сужающий артериальные сосуды легких, почек, пищеварительных органов и кожи и расширяющий артерии скелетных мышц и гладкой мускулатуры бронхов. При эмоциональном и физическом напряжении адреналин способствует усилению тока крови через мозг, сердце и скелетные мышцы.

Выраженное воздействие на сосуды оказывает *вазопрессин* (антидиуретический гормон) — пептид, вырабатываемый клетками гипоталамуса. Он накапливается в задней доле гипофиза и оттуда поступает в кровь. Вазо-

прессин улучшает кровоток в мозге и сердце, расширяя сосуды этих органов, но одновременно сужает артерии и артериолы органов брюшной полости и легких.

Клетки почек вырабатывают *ренин* — фермент, катализирующий образование пептида *ангиотензина II*, оказывающего очень сильное сосудосуживающее влияние на артерии и повышающего давление крови. При повреждении кожи и слизистых оболочек один из видов лейкоцитов — базофилы — выделяют *гистамин*, вызывающий местное расширение артериол и венул.

6.6

ЛИМФООБРАЩЕНИЕ

Лимфатическая система, как уже отмечалось, является системой дополнительного оттока межтканевой жидкости от органов.

Лимфа выполняет ряд важнейших функций (см. раздел 5.5). Почти все лимфатические сосуды впадают в *грудной лимфатический проток* (рис. 6.6). И только лимфатические сосуды правой половины головы, правой части груди и правой руки собираются в *правый лимфатический проток*. Из этих крупнейших протоков лимфа сливается в верхнюю полую вену у места ее впадения в правое предсердие. Крупные лимфатические сосуды снабжены клапанами, которые обеспечивают ток лимфы в одном направлении.

Причины движения лимфы по лимфатическим сосудам:

- 1) ритмические сокращения стенок сосудов;
- 2) наличие в лимфатических сосудах клапанов;
- 3) сокращение скелетных мышц, окружающих лимфатические сосуды;
- 4) дыхательные движения грудной клетки.

6.7

ЗАБОЛЕВАНИЯ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ

Значительное число людей рождаются с **врожденными пороками** сердца, возникающими из-за неправильного развития сердца в утробе матери. Могут быть повреждены клапаны сердца, иногда встречаются отверстия в пере-

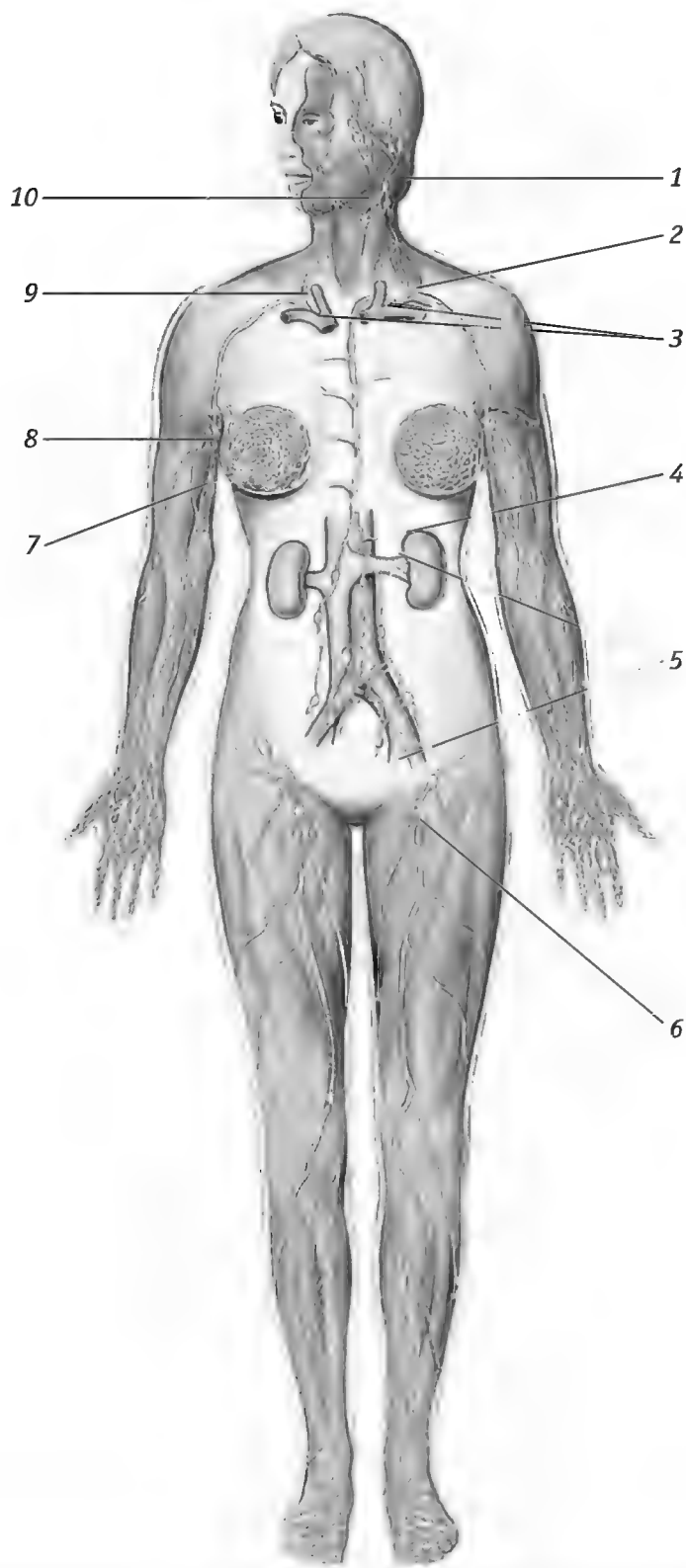


Рис. 6.6. Лимфатическая система человека:

1 — лимфатические сосуды головы и шеи; 2 — грудной лимфатический проток; 3 — главные лимфатические сосуды; 4 — резервуар (в него впадают лимфатические стволы из брюшной полости и нижних конечностей); 5 — главные узлы брюшной стенки; 6 — паховые лимфатические узлы (отток из нижних конечностей в главные лимфатические сосуды); 7 — лимфатические сосуды молочных желез; 8 — подмышечные лимфатические узлы (место выработки лейкоцитов); 9 — правый лимфатический проток; 10 — миндалины на задней стенке гортани

городках между желудочками или между предсердиями. В результате венозная кровь частично смешивается с артериальной и попадает вместо легких в большой круг кровообращения (рис. 6.7). Получается что-то вроде кровеносной системы земноводных, да только лягушки при этом чувствуют себя прекрасно, а человеческий организм не может жить при постоянной нехватке кислорода в артериальной крови. Иногда патологические отверстия в перегородках с возрастом зарастают, но если этого не происходит, необходимо избавляться от них хирургическим путем. Еще одним пороком развития является неправильное соединение сердца с артериями и венами.

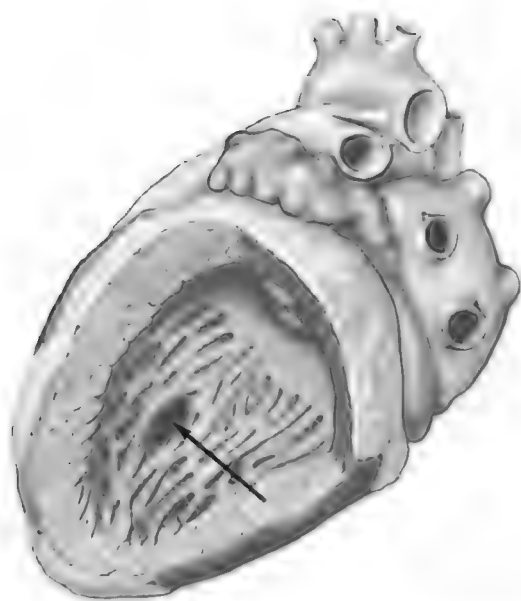


Рис. 6.7. Отверстие в межжелудочковой перегородке сердца

В любом из описанных случаев кожа детей становится синюшной, ногтевые ложа также приобретают голубоватый оттенок. Дети медленно растут, отличаются физической слабостью и повышенной утомляемостью.

Существует и такой порок развития сердечно-сосудистой системы, при котором наблюдаются одновременно ч е т ы р е нарушения: отверстие в перегородке между желудочками, сдвиг устья аорты на межжелудочковую перегородку, сужение устья легочной артерии, увеличение правого желудочка. Это так называемая *тетрада Фалло*. Долго с таким пороком не проживешь. Но хирурги-кардиологи научились исправлять все эти аномалии, и такие дети могут после операции вести нормальный образ жизни. В настоящее время около 80% всех врожденных пороков сердца поддаются хирургическому лечению.

Довольно часто встречаются **воспалительные заболевания** сердца. **Перикардит** — воспаление защитной оболочки сердца перикарда — сопровождается накоплением гноя в сердечной сумке, поэтому на фоне лечения антибиотиками иногда проводят отсос гноя. Если этого недостаточно, то часть перикарда или даже всю эту оболочку удаляют хирургическим путем. Воспаление самой сердечной мышцы называется **миокардитом**. Это длительное, чаще всего вызываемое болезнетворными бактериями, воспаление может приводить к необратимому повреждению сердца, и в самых тяжелых случаях приходится прибегать к пересадке сердца от здорового донора. Воспаление внутренней выстилки сердца — эндокарда — называется **эндокардитом**. Очень часто при этой болезни повреждаются клапаны сердца, что приводит к их неполному закрытию. При *кардиопатиях* (болезнях серд-

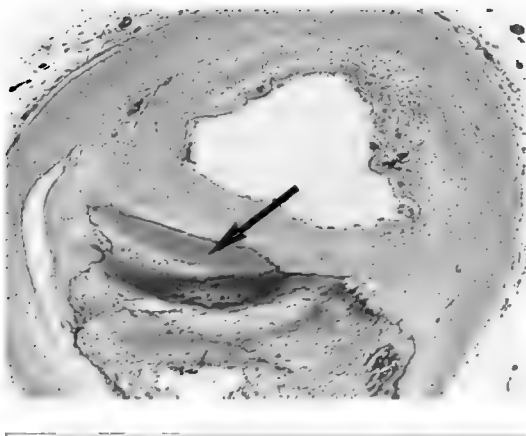


Рис. 6.8. Поперечный разрез крупной артерии. Видна атеросклеротическая бляшка

богатую кислородом кровь в сердечную мышцу. К сужению коронарных сосудов чаще всего приводят отложения на их стенках. Эти отложения называются *атеросклеротическими бляшками*. Они способны сделать кровоток недостаточным для нормальной работы миокарда или совсем перекрыть ток крови по коронарному сосуду (рис. 6.8).

Бляшки состоят главным образом из *холестерина*. На поверхность бляшек оседают тромбоциты, которые выделяют вещества, вызывающие образование тромба (см. раздел 5.4). А ведь в этом месте сосуд и так уже сужен из-за наличия бляшки! В результате может образоваться тромб, окончательно «затыкающий» коронарный сосуд. При этом участок сердечной мышцы не получает кислород и питательные вещества и отмирает, т. е. развивается

инфаркт (рис. 6.9). При наиболее тяжелых инфарктах происходит мгновенная остановка сердца и человек умирает. Следует помнить, что избыточный вес, высокое давление крови, курение способствуют развитию ишемической болезни сердца и возникновению инфарктов. Большие дозы алкоголя при постоянном их употреблении также могут привести к развитию ИБС и инфарктов. Однако малые дозы алкогольных напитков в некоторой степени даже полезны для сердечной мышцы. Дело в том, что в небольших количествах этиловый спирт расширяет коронарные сосуды, а также способствует растворению и удалению из них

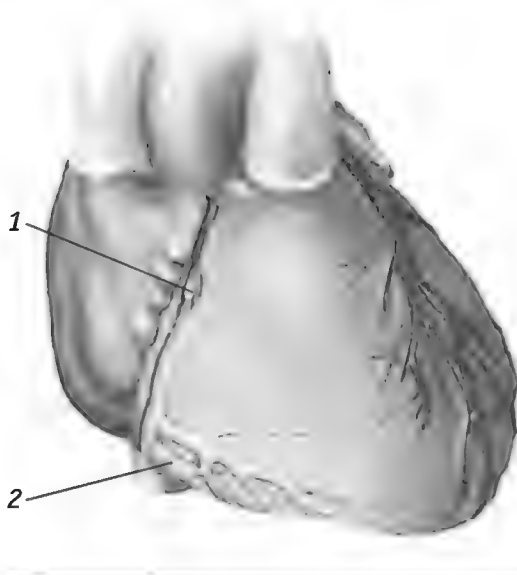


Рис. 6.9. Закупорка артерий:

1 — тромб; 2 — омертвевшая мышца

как раз тех жиров (липидов), которые откладываются на стенках сосудов, образуя атеросклеротические бляшки. Врачи рекомендуют дозу этилового спирта, приблизительно равную 20 г в день. Это небольшая рюмка водки или коньяка, бокал красного вина, бутылка пива. Но не больше! Высокие дозы алкоголя обладают прямо противоположным эффектом.

Для лечения ИБС используют целый ряд лекарственных средств, которые разными путями снижают нагрузку на сердце, препятствуют образованию тромбов. Если же лекарства не помогают, прибегают к хирургическому вмешательству. Самым легким считается *коронарная ангиопластика*.

Суть ее в следующем. Врач через сосуды доводит до сердца тончайшую трубочку — катетер, в котором находится маленький сдутый баллончик. В месте сужения коронарного сосуда баллончик аккуратно надувают, расширяя сосуд и раздавливая бляшку. После этого катетер удаляют из организма пациента.

Если по какой-либо причине ангиопластику проводить нельзя, делают настоящую операцию — *аортокоронарное шунтирование*.

При этой операции врачи берут участок вены из ноги пациента и из него формируют новый путь для крови в обход забитого тромбом участка коронарного сосуда.

Бывают ситуации, когда может помочь только пересадка сердца от подходящего донора.

Первая пересадка сердца была выполнена в 1967 г. бригадой хирургов из Южной Африки под руководством Кристиана Барнарда. Пациент — 55-летний Луис Вашкански — прожил с новым сердцем всего 18 дней. Однако с тех пор медицина шагнула далеко вперед, и, например, Эммануэль Витриа прожил с чужим сердцем 19 лет.

Чаще всего пересаживают основные, качающие кровь камеры сердца — толстостенные мышечные желудочки вместе с их клапанами. Такая операция позволяет уменьшить количество кровеносных сосудов, которые приходится сшивать. Затем сердце «запускают», и оно начинает биться. И тут наступает самый ответственный период: в течение 1—3 дней после операции наблюдаются наиболее сильные симптомы отторжения пришитой части сердца. Реакции отторжения приходится смягчать подавлением иммунитета. Успехи врачей поражают: девять из десяти пациентов с пересаженным сердцем, пережив первый год после операции, на многие-многие годы возвращаются к полноценной жизни. Однако донорских сердец катастрофически не хватает, что и понятно: не так уж часто погибают в катастрофах люди, здоро-

вое сердце которых при этом бы не пострадало и было бы быстро доставлено к месту пересадки. Положение может спасти создание искусственного сердца. Первая операция по установке такого аппарата была проведена в 1986 г. англичанину Раймонду Куку.

Как уже отмечалось, нормальное артериальное давление у взрослого человека составляет в среднем 120/80 мм рт. ст. Но очень часто наблюдаются случаи снижения или, напротив, повышения давления крови. Низкое давление, называемое *гипотензией*, может вызывать головокружение, а при попытке быстро встать из положения лежа — даже обморок. Причина этого — недостаточное снабжение кровью головного мозга. Нижний предел давления для взрослого человека — 80/40 мм рт. ст.

Высокое давление крови, называемое *гипертензией*, приводит к повышенной нагрузке на стенки сердца и кровеносных сосудов, что способствует их быстрому изнашиванию. Если у человека среднего возраста давление составляет 160/90 мм рт. ст., необходимо прибегнуть к лечению.

Причиной болезни, возникающей при повышении давления, — ***гипертонии*** — является нарушение регуляции просвета кровеносных сосудов. Чаще всего при гипертонии наблюдается повышенный тонус артериол. Следовательно, просвет этих артериальных сосудов мал и давление крови в них повышено.

Иногда причина возникновения гипертонии — усиленная выработка почками гормона *ренина*. Как говорилось выше, ренин катализирует реакцию образования ангиотензина II, а тот, в свою очередь, обладает сильным сосудосуживающим действием и резко повышает давление крови. При некоторых болезнях почек выработка ренина усиливается и наблюдается стойкое повышение кровяного давления. В этих случаях необходимо лечить заболевание почек, другими способами от гипертонии не избавиться.

Причиной высокого давления может быть и опухоль надпочечников, когда разрастающиеся ткани железы выбрасывают в кровь большие количества гормона адреналина, повышающего давление крови.

Еще одно заболевание, связанное с изменением в сосудах, — ***варикозное расширение вен***. При этом наследственном или приобретенном в течение жизни заболевании развивается дефект клапанов крупных вен, обычно в нижних конечностях. В результате просвет вен неравномерно увеличивается, возникают узлы и извилины, стенки вен истончаются. Все это приводит к застою крови, кровотечениям, язвам на коже. Варикозное расширение вен ног часто наблюдается у тех людей, которые вынуждены долго стоять в течение дня: продавцов, парикмахеров. Ведь мышцы их ног подолгу находятся в одном и том же состоянии, а для хорошего венозного кровотока необходимо, чтобы мышцы, окружающие вены, все время сокращались, проталкивая кровь вверх по венам. Тогда застой крови не будет.

ДЫХАНИЕ

7.1

ЗАЧЕМ НУЖНО ДЫХАНИЕ

Основным источником энергии в организме служит АТФ, образующаяся, в свою очередь, за счет энергии, выделяющейся в процессах окисления питательных веществ. Наиболее эффективным окислителем в нашем организме является кислород воздуха, который должен постоянно поступать во все органы и ткани организма человека. Одновременно необходимо постоянно освобождать организм от CO_2 , являющегося наиболее распространенным конечным продуктом окисления питательных веществ. Совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление из организма углекислого газа, называется *дыханием*.

Процесс дыхания, как правило, разделяют на три этапа:

- 1) *внешнее, или легочное, дыхание* — обмен газами (O_2 и CO_2) между внешней средой и кровью в легких;
- 2) перенос газов кровью;
- 3) *тканевое дыхание* — газообмен в тканях, в результате которого потребляется кислород, образуются АТФ, углекислый газ и вода.

Иногда выделяют еще один, самый начальный этап дыхания — *вентиляцию* — движение газов между атмосферой и дыхательной поверхностью легких.

7.2

СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Воздухоносные пути, обеспечивающие поступление воздуха в легкие, начинаются **носовой полостью**, поделенной перегородкой на две половины. На боковых стенках этой полости расположены носовые раковины, деля-

шие каждую половинку носовой полости на *верхний, средний и нижний носовые ходы*. В нижний носовой ход через *носослезный канал* выделяется некоторое количество *слезной жидкости*. В слизистой оболочке носовой полости находится большое число кровеносных сосудов, а верхний слой этой оболочки образован клетками ресничного эпителия. Воздух попадает в носовую полость через *ноздри* и, проходя по ней, согревается, увлажняется, очищается ресничным эпителием от пылинок. Железы слизистой оболочки выделяют специальные бактерицидные вещества, а на поверхности слизистой находится большое количество лейкоцитов, которые также уничтожают бактерии. Таким образом, в носовой полости воздух очищается от множества бактерий.

Пройдя через носовую полость, воздух через *хоаны* попадает в верхние отделы глотки, а затем в гортань (рис. 7.1). Гортань образована несколькими хрящами, самым крупным из которых является *щитовидный*. Специальный *надгортанный хрящ* прикрывает вход в гортань во время глотания пищи. Поперек гортани натянуты эластичные *голосовые связки*, образованные соединительной тканью. Между голосовыми связками находится *голосовая щель*. При напряжении голосовых связок выдыхаемый воздух заставляет их колебаться, вызывая звуковые колебания. Однако характеристики звуков, издаваемых человеком, особенно при членораздельной речи, зависят также от сокращения мышц глотки, ротовой полости и т. д.

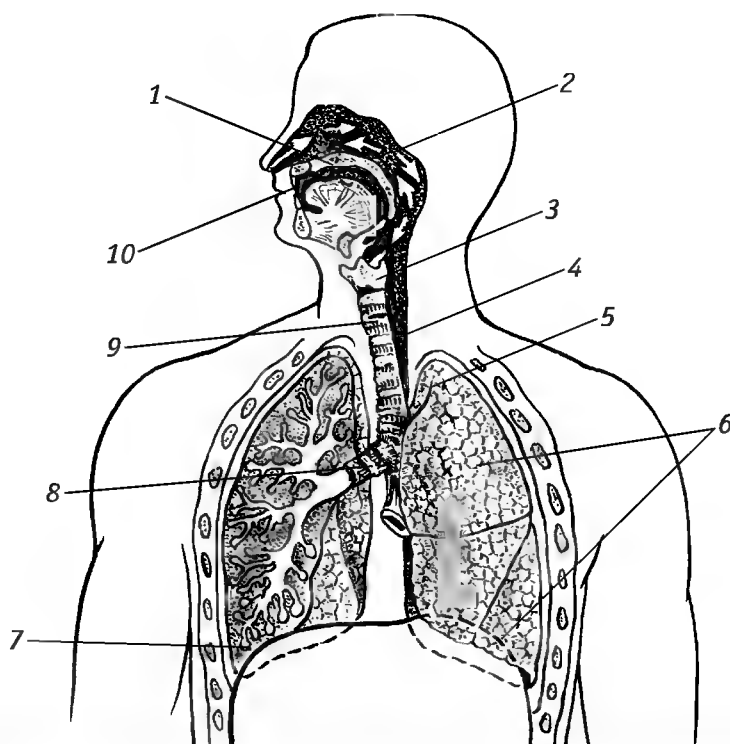


Рис. 7.1. Схема строения органов дыхания:

1 — полость носа; 2 — глотка; 3 — гортань (хрящ гортани); 4 — пищевод; 5 — верхушка левого легкого; 6 — верхняя и нижняя доли левого легкого; 7 — легочные пузырьки; 8 — правый главный бронх; 9 — трахея; 10 — собственно полость рта

В период полового созревания гортань у юношей разрастается больше, чем у девушек, и голосовые связки сильно удлиняются. В результате голос у мужчин снижается почти на октаву. Голос у девушек меняется гораздо меньше. Во время дыхания голосовые связки широко раздвигаются, а при создании звука почти полностью смыкаются. Голос человека обычно имеет диапазон в полторы октавы, а диапазон всех голосов вида *Homo sapiens* составляет пять октав. В оптимальных условиях голос мужчины слышен на расстоянии 180 м.

Из гортани воздух попадает в т р а х е ю (см. рис. 7.1). Трахея образована 16—20 неполными хрящевыми кольцами, поддерживающими ее стенки. Задняя стенка трахеи состоит из соединительной ткани и гладкомышечных волокон. Приблизительно на уровне 5-го грудного позвонка трахея разветвляется на два б р о н х а, также образованных хрящевыми кольцами. Бронхи многократно ветвятся на более мелкие трубочки, образуя бронхиальное дерево. Самые тонкие бронхиальные ветви называ-

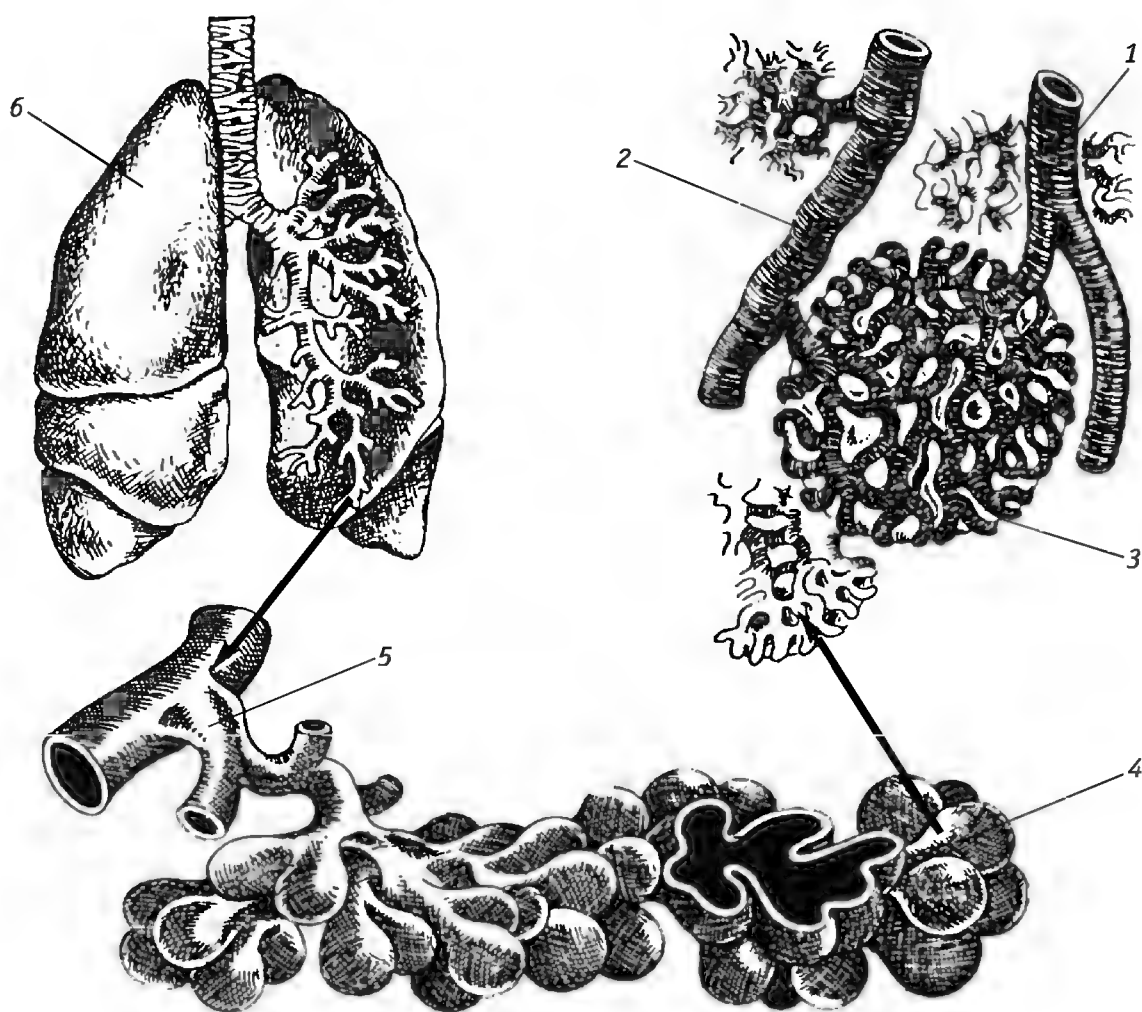


Рис. 7.2. Строение легких:

1 — артерия; 2 — вена; 3 — капилляры; 4 — легочный пузырек; 5 — бронхиола;
6 — легкие

ются *бронхиолами*. От них отходят тончайшие альвеолярные ходы, стенки которых образуют многочисленные выпячивания — альвеолы, или легочные пузырьки. Диаметр такого пузырька — 0,2—0,3 мм (рис. 7.2). Каждая альвеола оплетена густой сетью капилляров малого круга кровообращения. Через стенки альвеол и капилляров происходит газообмен между воздухом и кровью: в кровь из альвеолярного воздуха поступает кислород, а из крови в альвеолярный воздух — CO_2 . Стенки альвеол образованы одним слоем плоского эпителия, имеющего большое количество эластичных волокон. Изнутри альвеолы покрыты особым поверхностно-активным веществом — *сурфактантом*, который не дает альвеолам слипаться при выдохе. В обоих легких человека насчитывается около 350 млн альвеол, а их общая поверхность составляет более 150 м².

Альвеолы, отходящие от одной бронхиолы, называются *ацинусом*. Из многих ацинусов слагаются *дольки*, из долек — *сегменты*, сегменты собраны в *доли*, а доли формируют левое и правое легкое. В левом легком две доли, образованные разветвлениями левого бронха, в правом легком три доли, образованные разветвлениями правого бронха. В каждое легкое входит одна *легочная артерия*, а выходят из него две *легочные вены*.

Снаружи легкие покрыты *внутренним плевральным листком* (легочной плеврой); *наружный плевральный листок* выстилает изнутри стенки грудной полости (*пристенная плевра*). Между двумя листками плевры остается не-

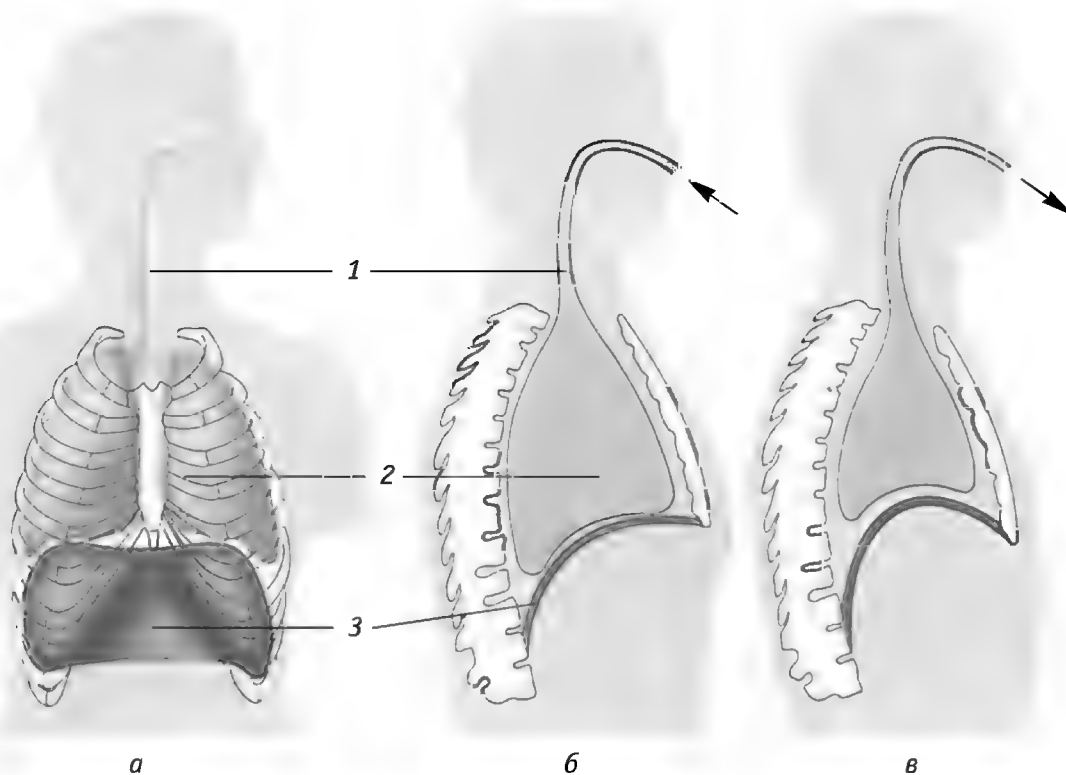


Рис. 7.3. Дыхательные движения: а — в покое; б — вдох; в — выдох;

1 — трахея; 2 — легкие; 3 — диафрагма

большое пространство — *плевральная полость*. В ней находится *плевральная жидкость*, которая снижает трение между листками плевры при дыхательных движениях. Давление в плевральной полости несколько ниже атмосферного и составляет около 751 мм рт. ст. Воздух в плевральной полости полностью отсутствует.

7.3

ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Дыхательные движения обеспечивают вдохи и выдохи — попеременные увеличения и уменьшения объема легких.

При в д о х е межреберные мышцы, сокращаясь, поднимают ребра, а диафрагма отодвигается в сторону брюшной полости, становясь менее выпуклой. В результате объем грудной полости увеличивается (рис. 7.3). Так как давление в грудной полости ниже атмосферного, то при увеличении ее объема растягиваются и легкие. Давление в них на какой-то момент становится ниже атмосферного, и по дыхательным путям туда устремляется воздух. При необходимости глубокого дыхания, кроме межреберных мышц и диафрагмы, сокращаются также мышцы туловища и плечевого пояса.

В ы д о х обычно пассивен, он является следствием прекращения вдоха: межреберные мышцы расслабляются, ребра опускаются, диафрагма также расслабляется, и объем грудной полости, а вместе с ней и объем легких уменьшается. Давление в легких становится выше атмосферного, и воздух выходит из них по дыхательным путям. При глубоком выдохе происходит дополнительное сокращение межреберных и брюшных мышц, что приводит к увеличению объема выдыхаемого воздуха.

Т и п ы д ы х а н и я у женщин и мужчин несколько различаются. У мужчин *брюшной тип дыхания*, т. е. они дышат главным образом за счет сокращений диафрагмы. У женщин *грудной тип дыхания*: они дышат благодаря сокращениям межреберных мышц (рис. 7.4). Видимо, это связано с тем, что в период беременности дышать, сдвигая диафрагмой матку вместе с плодом, затруднительно.

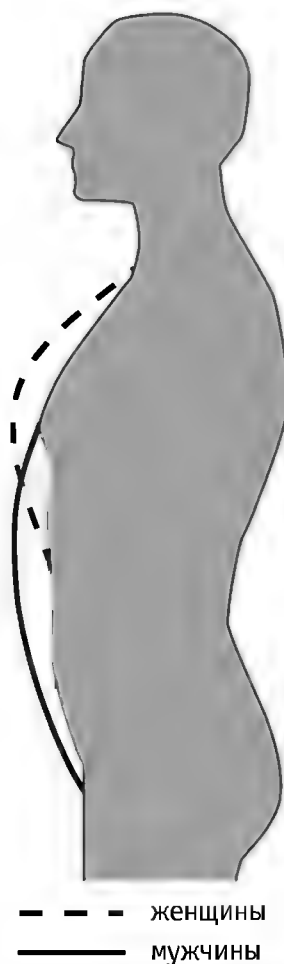


Рис. 7.4. Типы дыхания у мужчин и женщин

ЖИЗНЕННАЯ ЕМКОСТЬ ЛЕГКИХ

Если глубоко вдохнуть, а затем изо всех сил выдохнуть воздух из легких, то выдыхаемый объем составит жизненную емкость легких.

Сколько воздуха выходит из легких при спокойном выдохе?

Если после спокойного вдоха (500 см^3), не выдыхая, сделать дополнительный глубокий вдох, то в легкие поступит

еще около 1500 см^3 воздуха, что составит *дополнительный, или резервный, объем вдоха*. Если после спокойного выдоха сделать дополнительный глубокий выдох, то при максимальном усилии можно выдохнуть еще около 1500 см^3 , что составит *резервный объем выдоха*. Суммируя указанные величины, можно вычислить, какой объем воздуха выдыхает человек после максимально глубокого вдоха:

$$500 \text{ см}^3 + 1500 \text{ см}^3 + 1500 \text{ см}^3 = 3500 \text{ см}^3.$$

Эта величина получила название *жизненная емкость легких*. Ее значения сильно варьируют в зависимости от возраста, пола, тренированности человека и могут достигать 5000 см^3 . Однако даже после самого глубокого выдоха в легких остается около 1000 см^3 воздуха, необходимого для того, чтобы альвеолы не слипались.

ОБМЕН ГАЗАМИ В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ

При вдохе легкие заполняются воздухом, который содержит 79% азота, 21% кислорода и 0,03% углекислого газа. В альвеолах происходит переход кислорода из альвеолярного воздуха в кровь, а углекислого газа — из крови в альвеолярный воздух. Это осуществляется за счет различного парциального давления этих газов в воздухе и жидкости.

Парциальным давлением газа называется та часть общего давления газовой смеси, которая приходится на долю данного газа. Чем больше содержание газа в смеси, тем выше его парциальное давление. Так как давление атмосферного воздуха равно 760 мм рт. ст., то при указанных концентрациях газов парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе составляет около 159 мм рт. ст. (21% от 760), азота — около 600 мм рт. ст. (79% от 760),

углекислого газа — около 0,2 мм рт. ст. (0,03% от 760). В альвеолах воздух насыщается водяными парами, давление которых равно 47 мм рт. ст. Поэтому давление газов в альвеолярном воздухе составляет не 760, а 713 мм рт. ст. Соответственно парциальное давление всех газов в альвеолярном воздухе ниже, чем в атмосферном. Так, парциальное давление O_2 примерно равно 100 мм рт. ст., а парциальное давление CO_2 — 38 мм рт. ст. В то же время в венозной крови, находящейся в капиллярах малого круга кровообращения, парциальное давление O_2 составляет примерно 40 мм рт. ст., а CO_2 — 46 мм рт. ст. Поэтому кислород в результате диффузии поступает через стенки альвеол и капилляров из альвеолярного воздуха в кровь, а CO_2 , наоборот, — из капиллярной крови в альвеолярный воздух.

В тканях наблюдается обратная картина. Парциальное давление кислорода в клетках очень мало, в тканевой жидкости оно составляет около 30 мм рт. ст., а в артериальной крови — около 100 мм рт. ст. Поэтому кислород из капилляров большого круга кровообращения переходит в тканевую жидкость и далее — в клетки. CO_2 ведет себя противоположным образом: диффундирует из тканей в тканевую жидкость, а из нее — в кровь. (Транспортировка O_2 и CO_2 кровью описана в главе 5.)

Человеку в состоянии покоя, во сне необходимо 15—20 л кислорода в час, но при значительных физических усилиях — 100 л в час.

7.6

РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

В продолговатом мозге расположен **дыхательный центр**. Он представляет собой совокупность групп нейронов, аксоны которых идут к мотонейронам спинного мозга, иннервирующим межреберные мышцы и мышцы диафрагмы. При периодическом возбуждении так называемых *инспираторных нейронов* (отвечающих за вдох) возбуждение достигает дыхательных мышц, они сокращаются и происходит вдох. При вдохе легкие растягиваются, при этом возбуждаются механические рецепторы, расположенные в их стенках. От них импульсы поступают в продолговатый мозг, и активность инспираторных нейронов резко тормозится. Происходит выдох. Стенки легких расслабляются, возбуждение механических рецепторов прекращается, возобновляется возбуждение инспираторных нейронов и начинается следующий дыхательный цикл. Для того чтобы произошел глубокий выдох, необходимо возбуждение *экспираторных нейронов* дыхательного центра. Эти нейроны вызывают сокращение мышц, приводящее к уменьшению объема грудной клетки.

В период внутриутробной жизни плод связан с материнским организмом через сосуды, проходящие через пуповину. По ним эмбрион получает из крови матери питательные вещества, гормоны, кислород. В момент рождения связь между младенцем и матерью резко обрывается. Маленькому организму не хватает кислорода, а в крови быстро накапливается углекислый газ. Наконец CO_2 достигает такой концентрации, которая «запускает» инспираторные нейроны дыхательного центра, они возбуждаются и посылают импульсы к соответствующим мышцам. Так происходит первый вдох, расправляющий легкие и наполняющий их воздухом. Вот тогда-то и раздается первый крик новорожденного, представляющий собой его первый выдох!

Дыхательный центр обладает а в т о м а т и е й и возбуждается периодически, в среднем 15 раз в минуту. При физических и эмоциональных нагрузках частота дыхания резко увеличивается, чтобы обеспечить возросшие потребности организма в кислороде и, соответственно, удаление большого количества CO_2 . Во многих зонах сосудистого русла расположены рецепторы, возбуждающиеся при повышении содержания CO_2 в крови. От этих рецепторов импульсы следуют в инспираторную часть дыхательного центра, стимулируя вдох. Кроме того, сами нейроны дыхательного центра очень чувствительны к увеличению концентрации углекислого газа в крови и реагируют на это учащением дыхания.

Человек способен произвольно задерживать или учащать дыхание, менять его глубину. Это возможно потому, что деятельность дыхательного центра продолговатого мозга находится под контролем высших отделов мозга, в частности коры больших полушарий. Благодаря корковому контролю человек может произвольно задерживать дыхание на несколько минут. Например, девушки, занимающиеся синхронным плаванием, способны оставаться под водой до 6 мин!

На активность дыхательного центра влияет целый ряд гормонов, а также состояние других систем организма. В качестве примера можно привести следующий факт: несмотря на то, что функционирование организма человека не сильно зависит от сезонных изменений климата, частота дыхания весной возрастает на 30% по сравнению с осенью.

При вдыхании паров веществ, раздражающих рецепторы слизистой оболочки дыхательных путей (хлор, аммиак), происходит мгновенный *рефлекторный спазм голосовой щели, бронхов*, а также *задержка дыхания*. К з а щ и т н ы м р е ф л е к с а м следует отнести и короткие резкие выдохи — *кашель, чихание*.

Кашель возникает при раздражении бронхов. При этом происходит глубокий вдох, за которым следует усиленный резкий выдох. Голосовая щель открывается и осуществляется выброс воздуха, сопровождаемый звуком кашля.

Чихание возникает при раздражении слизистых оболочек носовой полости. Происходит резкий выдох, похожий на тот, который наблюдается при кашле. Но когда воздух толчком выбрасывается из легких, язык блокирует заднюю часть ротовой полости, и для воздуха остается единственный путь наружу — через нос. При чихании и кашле из дыхательных путей удаляются инородные частицы, слизь и т. п.

Проявление эмоционального состояния человека — **смех** и **плач** — также ничто иное, как долгие вдохи, за которыми следуют короткие, резкие выдохи. А вот **зевота** — долгий вдох и тоже долгий постепенный выдох.

Для чего нужна зевота?

Одно из основных объяснений необходимости этого процесса состоит в том, что зевота, предшествуя сну, позволяет хорошо провентилировать легкие.

7.7

ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Органы дыхательной системы подвержены многим заболеваниям, с которыми хорошо знаком любой человек. Взять, например, насморк, который представляет собой воспаление носовых проходов и носит красивое научное название **ринит**. Сам по себе ринит не так уж и опасен, но он может давать осложнения, например воспаление слизистой оболочки пазух — **синусит**. Из носоглотки воспаление по евстахиевым трубам может добраться до полости среднего уха и вызвать его воспаление — **отит**.

Если воспалены гланды — лимфоидные нёбные железы, то развивается **тонзиллит**. Острый тонзиллит называют **ангиной**. Возможных причин у ангины много, но чаще всего это заболевание вызывается бактериями, относящимися к коккам: стрептококками, стафилококками, пневмококками. Надо помнить, что ангины страшны своими осложнениями, например на суставы и сердце.

Воспаление задней стенки горла называют **фарингитом**, а если оно затрагивает голосовые связки и голос делается сиплым и хриплым, то это уже **ларингит**.

Наиболее часто встречающееся заболевание легких — **бронхит**. При бронхите слизистая воздухоносных путей воспаляется и набухает. Просвет бронхов сужается, и дышать становится тяжело. Накопление слизи приводит к непрерывному желанию откашляться.

могут наблюдаться необратимые поражения бронхов. Причина хронического бронхита кроется в длительном воздействии на бронхи вредных примесей к воздуху: табачного дыма, производственных загрязнений, выхлопных газов. Особо опасно курение. Ведь смола, образующаяся при сгорании табака и бумаги, не может выводиться из легких и в течение многих лет оседает на стенках воздухоносных путей, буквально убивая клетки их слизистой оболочки (рис. 10 цв. вкл.). Легкие курильщика теряют свой естественный розовый цвет, становятся черными. Если воспалительный процесс распространяется на легочную ткань, то развивается **пневмония**, называемая в просторечии *воспалением легких*. Причины пневмонии разнообразны. Часто она развивается на фоне бронхита, и тогда речь идет о **бронхопневмонии**. Пневмония сопровождается высокой температурой, потением, одышкой, сильным кашлем и болями в груди. Раньше пневмония была очень опасным, почти смертельным заболеванием, однако сейчас воспаление легких успешно лечат, только нельзя запустить это заболевание.

Наше дыхание происходит легко и свободно благодаря тому, что листки пристенной и легочной плевры свободно скользят друг по другу. Это скольжение обеспечивается наличием в плевральной полости специальной жидкости. При воспалении плевры трение при дыхательных движениях резко возрастает, дыхание затрудняется и становится болезненным. Это заболевание, имеющее инфекционную природу, называется **плевритом**. Иногда при плеврите приходится вводить лекарства непосредственно в плевральную полость.

При таком тяжелом заболевании легких, как **эмфизема**, легочные пузырьки — альвеолы — набухают и лопаются, объединяясь в более крупные полости, заполненные воздухом (рис. 11 цв. вкл.). Эти полости не могут заменить нормальные здоровые альвеолы, и дыхание затрудняется, возникает одышка.

Достаточно распространенным заболеванием легких является **бронхиальная астма**. При этом заболевании происходят сокращения мышц, являющихся составной частью бронхов, вызывающие приступы удушья. Причины астмы — аллергическая реакция на самые, казалось бы, безобидные вещества: бытовую пыль, шерсть животных, пыльцу растений и т. п. Иногда бывает очень трудно установить, какое именно вещество или пищевой продукт приводит к возникновению астматических приступов. Для ликвидации мучительного и опасного удушья применяется целый ряд лекарств. Некоторые лекарства вводят в легкие в виде аэрозолей, и они действуют непосредственно на бронхи, расширяя их.

Не обошли легкие и онкологические заболевания. Однако возникают они почти исключительно у хронических курильщиков. И если пока человек не может «подправить» доставшиеся ему от предков гены и снизить предрасположенность к тому или иному заболеванию, то не курить он может точно.

ПИЩЕВАРЕНИЕ

8.1

ЗАЧЕМ НУЖНА ПИЩА И ЧТО ОНА СОБОЙ ПРЕДСТАВЛЯЕТ

В течение всей жизни человеку необходимо поглощать пищевые продукты. В результате различных превращений веществ, поступающих в организм с пищей, мы получаем материал для процессов пластического и энергетического обмена. В процессах пластического обмена пищевые вещества используются при делении и росте клеток организма, а в процессах энергетического обмена окисление пищевых продуктов является источником всей энергии, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма.

Пищеварение — это все физические и химические процессы, в ходе которых пища расщепляется до относительно простых веществ, используемых клетками организма для роста и восстановления, а также для получения энергии.

В состав пищи должны входить белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли и вода.

Белки — это полимерные цепочки, состоящие из большого числа различных аминокислот, причем эти цепочки могут принимать разную форму. В белках человека присутствует около 20 видов аминокислот. При нормальном питании человек получает белки главным образом с животной пищей. Однако и при вегетарианском питании можно подобрать ряд растительных белков, содержащих все необходимые для человека аминокислоты.

Жиры представляют собой эфиры глицерина и жирных кислот. Они поступают в организм как с животной, так и с растительной пищей.

Углеводы — и полисахариды (например, крахмал), и моносахариды (например, глюкоза и фруктоза) — организм получает с растительной пищей.

Некоторое количество углеводов (гликоген) поступает в организм при употреблении в пищу печени животных.

О других компонентах пищи — витаминах, минеральных солях и воде — речь пойдет в главе «Обмен веществ».

8.2

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Основные функции органов пищеварения:

1) механическая и химическая переработка пищи;

2) всасывание питательных веществ во внутреннюю среду организма (кровь, лимфу);

3) выведение из организма непереваренных и невсосавшихся остатков пищи.

Органы пищеварения — это пищеварительный канал и пищеварительные железы.

Пищеварительный канал человека достигает в длину 8—10 м и состоит из следующих отделов: ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкого кишечника, толстого кишечника (рис. 8.1). Стенка пищеварительного канала имеет три слоя: наружный (соединительнотканый), средний (мышечный), внутренний (эпителиальный). Мышечный слой полости рта, глотки и верхней трети пищевода состоит из поперечнополосатых мышц, а мышечный слой нижележащих отделов представлен гладкими мышцами.

Первый отдел пищеварительной системы человека, в который попадает пища, — ротовая полость. Она ограничена сверху *нёбом*, с боков — *щеками*, снизу — *челюстно-*

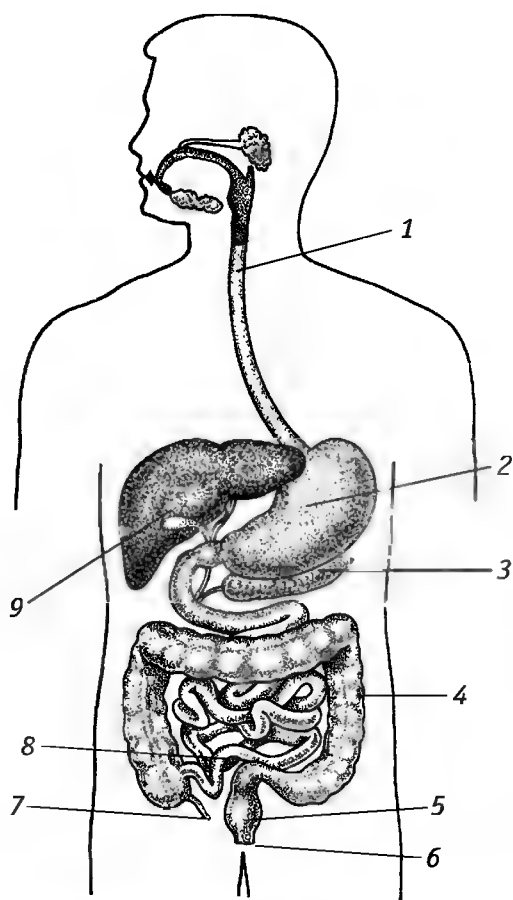


Рис. 8.1. Схема строения желудочно-кишечного тракта:

1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — поджелудочная железа; 4 — толстая кишка; 5 — прямая кишка; 6 — анальное отверстие; 7 — аппендикс; 8 — тонкая кишка; 9 — печень

подъязычной мышцей. В ротовой полости расположены *зубы* и *язык*. В нее открываются протоки трех пар крупных и множества мелких *слюнных желез*.

Зубы необходимы для измельчения пищи в процессе пережевывания. Они представляют собой твердые костеподобные образования, расположенные в углублениях верхних и нижних челюстей. Природа предоставила человеку два комплекта зубов. Первый из них состоит из 20 *детских*, или *молочных*, зубов, начинающих выпадать естественным путем в возрасте 5—6 лет. На полную смену молочных зубов и формирование «взрослого зубного набора» требуется около шести лет. Молочные зубы сменяются *постоянными зубами*, расположение которых одинаково в верхней и нижней челюстях: по 4 резца, по 2 клыка, по 4 малых коренных (*премоляров*) и по 6 больших коренных (*моляров*). Итого по 16 зубов в каждой челюсти (рис. 12 цв. вкл.). Правда, у некоторых людей крайние моляры (*зубы мудрости*) не прорезаются в ротовую полость. Таких людей 25%. Отсутствие у них зубов мудрости свидетельствует о наличии эволюционного процесса: челюсти человека уменьшаются, следовательно, и количество зубов должно сокращаться. Оставаясь в толще десны, эти зубы могут вызвать воспаление, и их приходится удалять.

У каждого зуба есть две части: коронка и корень. *Коронка* располагается над десной, а *корни* крепят зуб в лунках костей челюсти. В зависимости от разновидности зуб может иметь от одного до трех корней. Основная масса зуба состоит из твердого, костеподобного вещества — *дентина*. Дентин содержит живые клетки и способен ощущать боль. Дентин коронки зуба покрыт защитным слоем *эмали*. Эмаль — самое твердое вещество в нашем организме. Корень зуба покрывает слой *цемента* — особого вещества, необходимого для удержания зуба в его лунке (рис. 13 цв. вкл.). В толще дентина каждого зуба есть полость, заполненная мягким содержимым — *пульпой*. Через узкое отверстие в корне зуба в нее проходят нервы и кровеносные сосуды. *Десна* образована эпителиальной тканью, плотно соединенной волокнами с костями челюсти, образуя защиту вокруг шейки зуба.

Зубы очень важны не только для нормального пережевывания пищи, но и для общего состояния организма человека. Недаром беременную женщину первым делом направляют на прием к стоматологу. Ведь болезнетворные бактерии, гнездящиеся в больных зубах, способны нанести непоправимый вред и эмбриону, и будущей матери.

Несмотря на нынешнюю важность зубов, их участь в ходе эволюционного процесса незавидна. Специалисты считают, что зубы — это рудименты и их число будет постепенно снижаться, а кусать и жевать мы будем чем-то вроде ороговевших челюстей. Хочется думать, что такие изменения в нашем организме наступят еще очень и очень не скоро.

Язык образован поперечнополосатыми мышцами и покрыт слизистой оболочкой. Мышцы языка соединены с основаниями нижней челюсти таким

образом, что он может выполнять множество сложных движений и даже складываться и вращаться. Язык участвует в перемешивании пищи при жевании, помогая слюне пропитывать пищевой комок. Язык также необходим для проглатывания пищи. Кроме того, в слизистой оболочке языка находятся многочисленные *вкусовые рецепторы*, позволяющие нам определять вкус еды. Не будем также забывать о том, что без языка невозможна членораздельная речь. Размеры языка у различных людей отличаются довольно сильно. Ученые рассчитали размеры и вес «среднестатистического» языка: длина — 6 см, ширина — 5 см, масса — 50 г.

Слюна выделяется в ротовую полость *околоушными, подъязычными и подчелюстными парными железами* (рис. 8.2), а также тысячами мелких слюнных желез, разбросанных в слизистой оболочке ротовой полости. Все железы выделяют за сутки около 1 л слюны, однако этот объем сильно зависит от количества и характера съедаемой пищи. На 98—99% слюна состоит из воды и имеет слабощелочную реакцию. Слюна содержит ферменты: *амилазу* и *мальтазу*. *Амилаза* расщепляет углеводный полимер крахмал до дисахаридов (мальтозы), а *мальтаза* продолжает расщепление мальтозы до двух молекул моносахарида — глюкозы. Кроме того, в состав слюны входит *муцин*, который делает пищевой комок скользким. В слюне содержится также *лизоцим* — бактерицидное вещество, частично обеззараживающее пищу.

За те 10—20 с, в течение которых пища находится в ротовой полости, она измельчается, пропитывается слюной, и в пищевом комке начинается переваривание углеводов.

Еще совсем недавно считалось, что пользование жевательной резинкой приводит к истощению слюнных желез. Однако это не так, ведь при длительном жевании резинки слюнные железы перестают вырабатывать слюну, богатую ферментами.

Пережеванная пища при помощи движений щек и языка перемещается к его корню. При механическом раздражении пищевым комком рецепторов корня языка сигналы от этих рецепторов поступают в *глотательный центр* продолговатого мозга и возбуждают его нейроны. По нервным волокнам, идущим от этих нейронов, возбуждение поступает к мышцам ротовой полости, глотки, гортани. Мышцы сокращаются, в результате чего мягкое нёбо поднимается и закрывает путь в носовую полость, а надгортанный хрящ перегородивает пище путь в гортань. Мышцы ротовой полости, глотки и гортани сокращаются, и комок пищи проходит в глотку и далее — в пищевод (см. рис. 8.1). Таким образом, глотание представляет собой сложный рефлекторный акт, требующий координированного участия многих мышц.

Глотка — мышечная трубка, в которой перекрещиваются пищевой и дыхательный пути. *Хоаны* соединяют глотку с носовой полостью, *евстахиевы трубы* — с полостью среднего уха. В гортанной части суженный участок глотки переходит в пищевод.

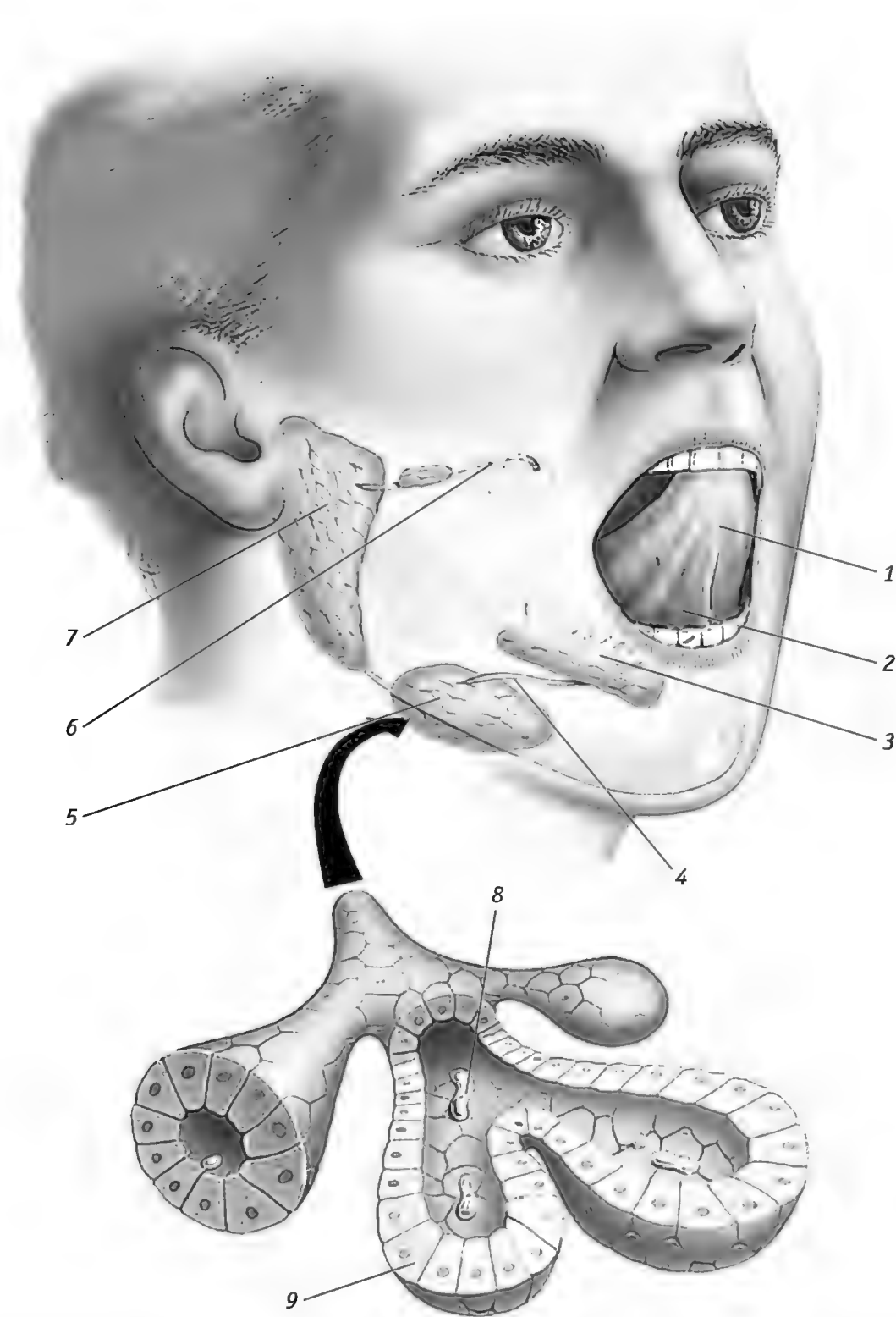


Рис. 8.2. Слюнные железы:

1 — уздечка языка; 2 — устье подъязычного протока; 3 — подъязычная железа; 4 — подчелюстной проток; 5 — подчелюстная железа; 6 — околоушной проток; 7 — околоушная железа; 8 — слюна; 9 — выделяющие слюну клетки слюнных желез

Пищевод — мышечная трубка длиной около 30 см, верхняя треть которой образована поперечнополосатыми мышцами, а остальная часть — гладкими мышцами. Пищевод с обоих концов пережимается круговыми мышцами — *сфинктерами*. *Верхний сфинктер* раскрывается в тот момент, когда комок пережеванной пищи должен попасть в пищевод из глотки. Затем верхний сфинктер закрывается, и волна *перистальтики* (волнообразных движений) стенок пищевода помогает пище дойти до желудка. Именно перистальтика делает прохождение пищи по желудочно-кишечному тракту независимым от силы тяжести (рис. 8.3). Благодаря ей мы можем пить и есть лежа. Не будь перистальтики, космонавты не смогли бы питаться в невесомости, и сама идея космических полетов была бы сказкой. Когда пища доходит по пищеводу до желудка, то открывается *нижний сфинктер* и пища практически мгновенно проталкивается в желудок. Это происходит очень быстро, что предотвращает выталкивание полупереваренной пищи из желудка обратно в пищевод.

Желудок — расширение пищеварительной трубки объемом около 2 л. Стенки желудка состоят из *соединительнотканной оболочки, мышечного слоя и внутренней слизистой оболочки*. В слизистой оболочке находится до 14 млн мелких желез, вырабатывающих *желудочный сок* (около 2 л в сутки). В железах различают *главные клетки*, выделяющие *пепсиноген*; *обкладочные клетки*, образующие 0,5%-ную *соляную кислоту*, и *добавочные клетки*, выделяющие слизистое вещество, защищающее стенки желудка от повреждений. Под действием соляной кислоты из пепсиногена образуется фермент *пепсин*, разлагающий белки пищи до пептидов. Кроме того, в состав желудочного сока входят такие ферменты, как *липаза молока*, разлагающая жиры молока до глицерина и жирных кислот, и *желатиназа*, расщепляющая желатин.

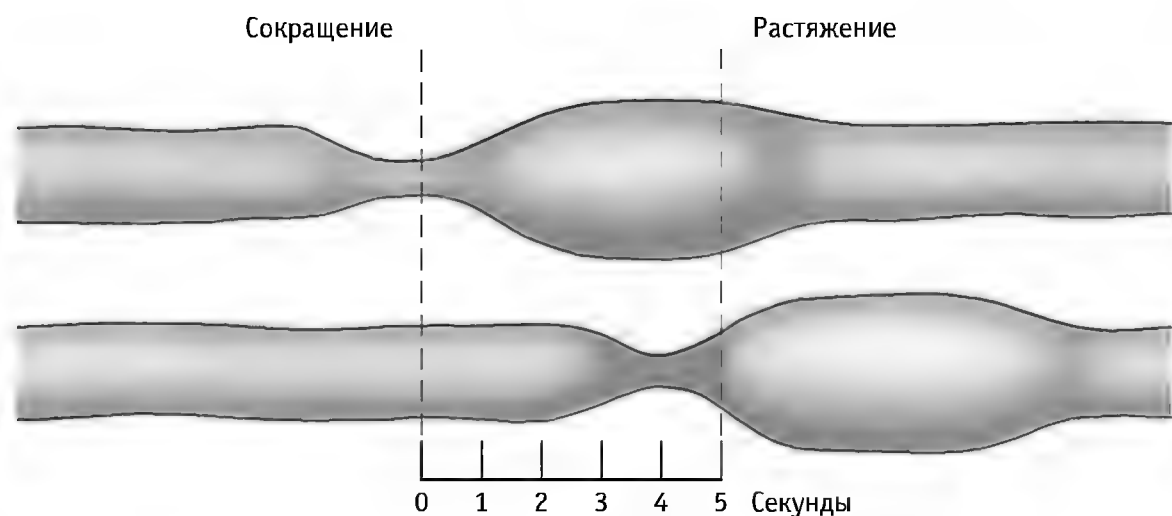


Рис. 8.3. Перистальтика кишечника

Стенки желудка медленно сокращаются, перемешивая пищу с желудочным соком. Образующаяся масса называется *химус*. Так как перемешивание пищи происходит довольно медленно, то в центре пищевого комка среда остается слабощелочной и ферменты слюны довольно долго (более часа) продолжают трудиться в процессе переваривания углеводов. Они перестают действовать, когда pH в пищевом комке опускается ниже 5,0.

Пепсин в желудке вырабатывается в неактивной форме, т. е. в виде пепсиногена. Иначе бы этот фермент первыми уничтожил главные клетки, которыми он синтезируется. Да и стенки всего желудка подвергаются чрезвычайно разрушительному воздействию смеси пепсина и соляной кислоты. Стоит хоть немного ослабнуть барьерам, защищающим желудок изнутри, и может возникнуть язва желудка. В самых тяжелых случаях возможно прободение стенок желудка — разъедание стенки насквозь.

Все, наверное, испытывали **отрыжку**. И хотя у многих народов громкая отрыжка считается неприличной, с точки зрения физиологии это всего лишь выход из желудка газа, накопившегося в его верхнем отделе. Газ этот состоит главным образом из воздуха, проглоченного вместе с пищей. Выходя по пищеводу и далее — через рот, он вызывает характерный звук. Приличия, конечно, следует уважать, но отрыжка позволяет снизить давление в желудке, ликвидируя дискомфорт и нормализуя работу пищеварительной системы. Кстати, у некоторых народов отрыжка считается проявлением благодарности хозяевам за обильную и вкусную трапезу, и вас не выпустят из-за стола, пока вы громко не рыгнете, показав, что наелись досыта.

В зависимости от состава и объема съеденной пищи, ее пребывание в желудке длится от 3 до 10 ч. После обработки ферментами желудочного сока химус порциями переходит из желудка в *двенадцатиперстную кишку* — начальный отрезок тонкого кишечника — через отверстие, закрытое специальными кольцевыми мышцами — сфинктерами.

В двенадцатиперстной кишке, имеющей длину около 30 см, происходят важнейшие процессы переваривания пищи. Здесь на химус воздействуют ферменты сока стенок кишечника, ферменты поджелудочной железы и желчь, вырабатываемая печенью. Среда в двенадцатиперстной кишке имеет слабощелочную реакцию ($\text{pH} = 8,0\text{—}8,5$), что необходимо для нормальной работы ферментов поджелудочной железы.

Тонкий кишечник имеет длину около 5—6 м и включает помимо *двенадцатиперстной кишки*, *тощую кишку* и *подвздошную кишку*. Стенки кишечника постоянно сокращаются, продвигая пищевые массы вдоль по кишечнику и перемешивая их.

Поджелудочная железа — одна из самых крупных желез в человеческом организме. Расположена она поперек верхней части брюшной полости перед позвоночником, поверх аорты и нижней полой вены (рис. 8.4). Эта железа *смешанной секреции*, т. е. часть ее клеток вырабатывает пищева-

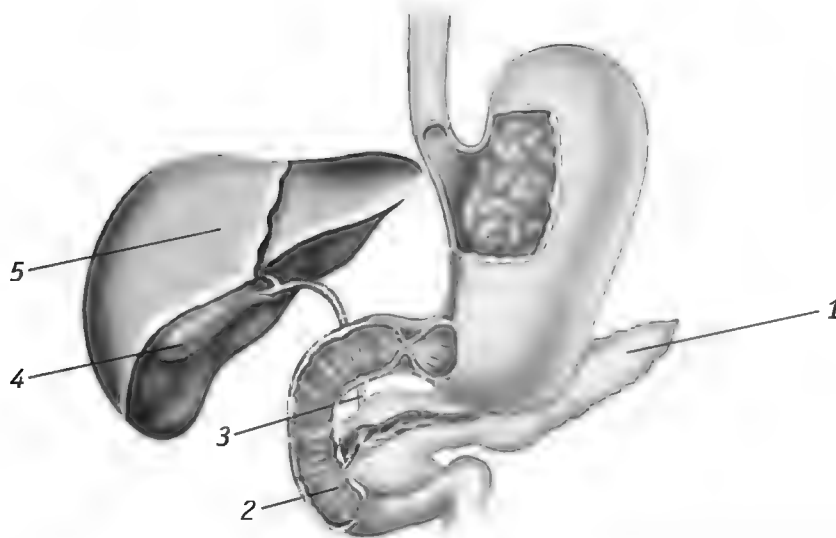


Рис. 8.4. Печень и поджелудочная железа:

1 — поджелудочная железа; 2 — двенадцатиперстная кишка; 3 — желчный проток;
4 — желчный пузырь; 5 — печень

тельные ферменты, которые выходят в просвет кишечника, а другие клетки синтезируют гормоны, которые поступают безо всяких протоков непосредственно в кровь, регулируя обмен сахаров в организме человека. Здесь будет рассмотрено участие поджелудочной железы в процессах пищеварения.

По протоку поджелудочной железы пищеварительные ферменты попадают в просвет кишечника в виде предшественников, т. е. в неактивной форме, и только на месте становятся активными. Трипсиноген под влиянием фермента кишечных желез энтерокиназы превращается в *трипсин* — пептидазу, продолжающую расщепление белков, начатое в желудке. Под его действием полипептиды распадаются на более мелкие олигопептиды, а те, в свою очередь, — до отдельных аминокислот. В состав сока поджелудочной железы входит также *липаза* — фермент, расщепляющий жиры до глицерина и жирных кислот. Для активации липазы необходимо присутствие желчи, которая вырабатывается печенью. *Амилаза*, *мальтаза* и *лактаза*, содержащиеся в соке поджелудочной железы, расщепляют углеводы, *нуклеаза* — ДНК и РНК до отдельных нуклеотидов.

Важнейшую роль в переваривании пищи в тонком кишечнике играет **печень** (см. рис. 8.4). Печень расположена в правой верхней части брюшной полости непосредственно под диафрагмой. Печень — самый большой внутренний орган человека, его масса достигает 1,5 кг. Клетки печени — *гепатоциты* — непрерывно образуют **желчь**, состоящую из *желчных кислот* и *желчных пигментов* (*билирубина* и *биливердина*). Из печени желчь поступает в **желчный пузырь**, где происходит ее накопление и концентрирование.

Когда химус начинает поступать из желудка в двенадцатиперстную кишку, то в ее стенках вырабатывается ряд гормонов, направляющихся в кровь. Один из этих гормонов — *холецистокинин* — с током крови достигает желчного пузыря и заставляет сокращаться мышцы его стенок. В результате желчь выходит в просвет двенадцатиперстной кишки и сливается с химусом. Если химуса в кишечнике нет, то сфинктер, закрывающий желчный проток (*сфинктер Одди*), не открывается и ценная желчь не расходуется зря. В сутки печень вырабатывает около 1 л желчи. В двенадцатиперстной кишке желчь способствует механическому дроблению жиров на мелкие капельки (*эмульгация жиров*), в результате чего многократно возрастает поверхность соприкосновения жиров с ферментом липазой. Кроме того, желчь активизирует пищеварительные ферменты, особенно липазу, усиливает выделение ферментов поджелудочной железой и стенками кишечника, участвует во всасывании продуктов распада жиров.

Стенки тонкого кишечника содержат огромное число мелких желез, выделяющих ферменты, которые завершают переваривание пищевых веществ. В состав этих ферментов входят: многочисленные пептидазы, разрушающие пептиды до отдельных аминокислот; амилаза, мальтаза, лактаза, инвертаза, завершающие переваривание сахаров; особая разновидность липазы и некоторые другие ферменты.

Часть пищеварительных ферментов действует непосредственно в полости кишечника, и этот вид пищеварения называют *полостным*. Однако существует еще и *пристеночное* пищеварение. Дело в том, что слизистые оболочки тонкого кишечника образованы особыми клетками — *энтероцитами* (рис. 8.5). Поверхность энтероцитов, обращенная в просвет кишки, покрыта огромным количеством маленьких *ворсинок* (до 2000 на 1 см³). Наружные мембраны кишечных ворсинок энтероцитов, в свою очередь, покрыты тончайшими *микроворсинками*, образующими «щеточную» каемку. Эти микро-

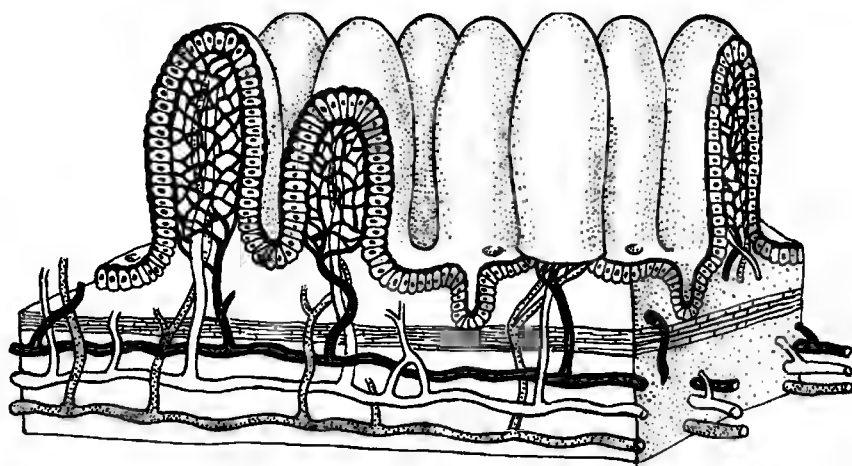


Рис. 8.5. Ворсинки тонкого кишечника

ворсинки адсорбируют на себе огромное количество пищеварительных ферментов. При всасывании пищевых продуктов их молекулы проходят через «щеточную» каемку, где происходит их окончательное переваривание. Этот процесс и получил название *пристеночное пищеварение*.

подавляющее большинство пищевых веществ всасывается через стенки тонкого кишечника, а именно — через стенки *тощей* и *подвздошной кишок*. Внутри ворсинок кишечника имеются разветвления кровеносных капилляров, а также начинаются слепо замкнутые лимфатические капилляры (см. рис. 8.5). Общая поверхность ворсинок в кишечнике достигает 200 м². Таким образом, процесс всасывания переваренных пищевых веществ представляет собой прохождение ими мембран энтероцитов и попадание в кровяное русло или лимфу. Аминокислоты и глюкоза всасываются непосредственно в кровь, попадая в ворсинках в кровеносные капилляры. А вот процесс всасывания продуктов переваривания жиров происходит несколько сложнее. Глицерин растворим в воде и также хорошо всасывается. Жирные кислоты, взаимодействуя со щелочами, образуют *мыла*, которые под действием желчных кислот хорошо растворяются и всасываются. Продукты переваривания пищевых жиров — глицерин и жирные кислоты, проходя стенки ворсинок, вновь образуют жиры, но уже присущие человеку. Эти жиры попадают в лимфатические капилляры. Вода и растворенные в ней соли могут всасываться по всему желудочно-кишечному тракту: в ротовой полости, в желудке, в тонком и толстом кишечнике.

Всосавшиеся через стенки кишечника растворенные в воде продукты переваривания пищи прежде всего попадают в печень, где происходит их *детоксикация*. Эта функция печени называется *барьерной*. Например, клетки печени способны разрушать такие яды, как стрихнин и никотин, а также алкоголь. Однако многие вещества наносят печени вред, приводя к гибели ее клеток. Впрочем, печень чуть ли не единственный орган человека, способный к самовосстановлению, называемому *регенерацией*, и поэтому может вынести злоупотребления своего владельца табаком и алкоголем. Но до определенного предела, за которым следуют необратимые изменения печени и смерть. Печень является хранилищем глюкозы — самого главного источника энергии для организма, и особенно для мозга. Если в пище был избыток глюкозы и ее содержание в плазме крови начинает превышать 0,11%, то избыток откладывается в печени в виде полимера глюкозы — *гликогена*. Всего в печени может храниться около 150 г гликогена. Если уровень глюкозы в крови снижается, то гликоген превращается в глюкозу, которая из печени попадает в кровь и используется клетками организма.

Из тонкого кишечника непереваренные и невсосавшиеся пищевые массы проходят в *толстый кишечник*. Толстая кишка имеет длину около 2 м и включает в себя *три отдела*: слепую, ободочную и прямую кишку.

На границе между тонким и толстым кишечником находится специальный клапан, пропускающий пищевые массы порциями и только в одном направлении. Железы стенок толстого кишечника ферментов не вырабатывают, но выделяют слизь, необходимую для формирования кала.

У предков человека слепая кишка и ее вырост аппендикс были большего размера и более активно участвовали в процессах переваривания растительной пищи. Ободочная кишка изнутри покрыта гладкой слизистой оболочкой, защищающей ее стенки от разрушения пищеварительными ферментами. Во время приема пищи, который у большинства людей происходит 3—4 раза в день, стенки ободочной кишки усиленно перистальтируют, проталкивая содержимое в прямую кишку. Это происходит в тот момент, когда в желудок поступает новая порция пищи и требуется освободить место в толстом кишечнике для очередной дозы химуса из тонкого кишечника. Поэтому сразу после плотной еды в животе может слышаться глухое урчание.

В содержимом толстого кишечника обитает огромное количество бактерий, вызывающих распад полимера глюкозы — клетчатки и непереваренных белковых молекул. Процессы брожения и гниения, происходящие в толстом кишечнике, должны быть строго сбалансированы, иначе развиваются болезни желудочно-кишечного тракта. Бактерии, живущие в кишечнике, выделяют целый ряд необходимых человеку витаминов: К, Е, группы В. При брожении клетчатки образуется глюкоза, а при гниении белковых продуктов — целый набор ядовитых веществ: фенолы, индолы, скатолы. Все эти вещества обезвреживаются при прохождении крови через печень. Поступившие в прямую кишку каловые массы на 70% состоят из воды, а все остальное — остатки непереваренной пищи, главным образом клетчатки, и бактерии.

8.3

РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Регуляция пищеварения осуществляется и нервной, и эндокринной системами. Классические исследования процессов пищеварения и его регуляции были проведены И. П. Павловым и его сотрудниками в первой половине 20 в. Именно за эти исследования И. П. Павлов был удостоен Нобелевской премии. Он разработал целый ряд экспериментально-хирургических приемов — вживление фистул в различные отделы желудочно-кишечного тракта, формирование «малого желудка» и т. д. Операции И. П. Павлова осуществлялись таким образом, чтобы сохранить кровоснабжение и иннерва-

цию исследуемых отделов желудочно-кишечного тракта. Опыты при этом были хроническими, животные успевали оправиться после хирургического вмешательства и были практически здоровыми. И. П. Павловым, его учениками и его последователями были установлены принципы регуляции пищеварения и процесса всасывания питательных веществ.

Вид и запах пищи приводят к выделению некоторого количества слюны; этот процесс усиливается при попадании пищи в ротовую полость. В ротовой полости пища раздражает вкусовые и механические рецепторы, возбуждение от них поступает в *центр слюноотделения* продолговатого мозга. От нейронов этого центра нервные импульсы передаются на нейроны симпатических и парасимпатических центров вегетативной нервной системы, иннервирующих слюнные железы. Импульсы, приходящие по симпатическим волокнам, тормозят выделение слюны, а парасимпатическая импульсация усиливает ее выделение.

Выделение желудочного сока происходит постоянно, но процесс усиливается при виде пищи. Сразу же после приема пищи раздражение рецепторов ротовой полости приводит к запуску рефлекса выделения желудочного сока. Влияния, приходящие к желудку по главному парасимпатическому нерву — *блуждающему*, стимулируют выделение соляной кислоты обкладочными клетками стенок желудка. Эти же влияния приводят к выделению из клеток слизистой оболочки кишечника пептида *гастрина*, который с током крови, т. е. гуморально, поступает к стенкам желудка, также стимулируя выделение компонентов желудочного сока.

Когда частично переваренная пища порциями начинает поступать из желудка в двенадцатиперстную кишку, желудочная секреция сначала даже усиливается, а потом постепенно тормозится. Это связано с тем, что под действием химуса в стенках кишечника вырабатывается и поступает в кровь антагонист гастрина *секретин*. Для того чтобы химус смог попасть в кишечник, необходимо раскрытие сфинктера, находящегося на границе желудка и двенадцатиперстной кишки. Это происходит при раздражении рецепторов химусом, имеющим кислый pH. Когда же порция химуса поступает в двенадцатиперстную кишку и реакция среды в ней временно меняется с щелочной на кислую, сфинктер рефлекторно закрывается.

При поступлении пищевых масс в двенадцатиперстную кишку рефлекторно усиливается выделение сока поджелудочной железы и желчи в просвет кишечника. Состав сока поджелудочной железы меняется в зависимости от количества и состава пищи. Далее пищевые массы, перемешиваясь при помощи маятникообразных движений кольцевых и продольных мышц стенок кишечника, продвигаются по тонкому кишечнику за счет перистальтических движений, которые обеспечиваются сокращениями кольцевых мышц. Регуляция движений кишечника происходит главным об-

разом за счет влияний, приходящих по блуждающему нерву — *вагусу*. Однако стенки кишечника обладают определенной *автоматией*: если вагус перерезать, то перистальтические движения сохраняются.

Как уже было сказано, в толстом кишечнике концентрируются неперева-
ренные пищевые остатки, теряющие воду и превращающиеся в каловые мас-
сы. Из прямой кишки кал удаляется через *анальное отверстие*,
причем дефекация является *рефлекторным актом*, нервные цент-
ры которого расположены в поясничном и крестцовом отделах спинного
мозга.

8.4

ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Процессы пищеварения многообразны и сложны. Поэтому и нарушений этих процессов описано очень много. Конечно, далеко не все нарушения можно признать болезнями, но иногда и очень небольшие изменения в физиологи-
ческих процессах приводят к ощутимым неудобствам.

Взять хотя бы **икоту**. Икоту вызывают резкие сокращения диафрагмы —
мышечной перегородки, разделяющей полость тела на грудную и брюшную.
При этих сокращениях происходит смыкание отверстия гортани, и возникает
характерный звук, названный икотой. Провоцировать икоту может слишком
сильное расширение желудка, например при проглатывании больших кусков
непржеванной пищи или большого количества газированной воды. У ко-
го-то икоту вызывает слишком холодная или слишком горячая пища. Икота
возникает также на нервной почве, например перед экзаменом. Обычно она
продолжается недолго и не представляет опасности для здоровья.

Существует много народных способов для борьбы с икотой: набрать в легкие воз-
дух и долго не выдыхать его; пощекотать в носу перышком, чтобы чихнуть; до бо-
ли сжать безымянный палец с двух сторон; съесть чайную ложку сахарного песка
и т. п. Но иногда икоту невозможно остановить, и она превращается в проблему.
По-видимому, мировым рекордсменом по продолжительности икоты был амери-
канский фермер Ч. Осбоун, который икал без остановки 69 лет! Интересно, как он
при этом спал?

Длительная икота может быть симптомом серьезного заболевания ки-
шечника, желудка, центральной нервной системы. Относительно недавно
медики предложили прекращать икоту средством, которое применяется для

обезболивания родов и снятия мышечной дрожи. Это лекарство действует уже через секунды после приема. Ведь иногда икоту надо прерывать очень быстро: представьте себе икающего хирурга или диктора телевидения.

Но икота встречается довольно редко, а вот заболевания зубов знакомы, наверное, каждому. Самое распространенное из этих заболеваний — **кариес**. Нечищенные зубы покрываются остатками пищи, бактериями, компонентами слюны. Эта слизь называется **зубным налетом**. Бактерии, питаясь сахарами из остатков пищи, выделяют кислоту, разрушающую сначала эмаль, а затем и дентин. В результате образуется полость, которая рано или поздно достигает пульпы. Вот тогда-то и возникает сильная боль. Если кариозный процесс не прекратить, то повреждения затронут и канал зуба, и костную ткань челюсти. И придется зуб удалять. Сейчас кариес уже появляется на молочных зубах, с них бактерии могут попасть на зачатки постоянных зубов и тогда они тоже будут заражены. Вообще-то на зубах людей обнаружено около 500 видов бактерий, но разъедающую эмаль кислоту выделяют главным образом 20 видов. Самый «зловредный» из них — так называемый **мультирующий стрептококк**, вырабатывающий молочную кислоту. Сейчас врачи-стоматологи вместе с микробиологами пытаются разработать вакцину, которая предохраняла бы людей от «кариесных» бактерий. Представьте, как будет здорово, если детям станут делать в раннем детстве еще одну прививку, и они больше никогда не пойдут к стоматологу. Но до этого пока далеко. Сейчас научились делать специальные лаковые покрытия на зубы, предотвращающие образование зубного налета. Но так как подобные лаки доступны далеко не каждому, нужно просто чистить зубы два раза в день по 2—3 мин и полоскать ротовую полость после еды.

Среди заболеваний желудка, наверное, более всего известен **гастрит** — воспаление его слизистой оболочки. Причины гастрита могут быть различными (бактерии, психическая травма, неправильный прием лекарств и др.), но в любом случае при гастрите слизистая оболочка не справляется с воздействием соляной кислоты и пепсина и воспаляется. Если гастрит не начать вовремя лечить, может возникнуть **язва желудка** — дефект слизистой оболочки. Еще чаще, чем язвы желудка, развиваются **язвы двенадцатиперстной кишки**, причем в той ее части, которая прилегает к желудку.

Выше говорилось о том, что печень способна к регенерации, однако ее возможности по самовосстановлению не безграничны. У хронических алкоголиков клетки печени начинают гибнуть и заменяются рубцовой тканью — **цирроз печени** (рис. 14 цв. вкл.). У женщин алкогольное повреждение печени развивается гораздо быстрее, чем у мужчин. Еще одной причиной цирроза может быть воспаление печени, называемое **гепатитом**. Обычно гепатит вызывает одна из нескольких разновидностей вирусов: А, В, С, D или G. Цирроз печени неизлечим, но если вовремя устранить его причину (алкоголизм,

гепатит), то оставшиеся клетки печени могут обеспечить человеку долгую жизнь.

У здорового человека жироподобное вещество холестерин в концентрированной желчи, заполняющей желчный пузырь, остается жидким. Но иногда образуются кристаллы холестерина, осаждающиеся в желчном пузыре. Там они реагируют с желчными солями и образуют *желчные камни* различного размера, причем наиболее крупные из них могут достигать 0,5 кг (рис. 15 цв. вкл.). Камни раздражают стенки желчного пузыря, приводя к их воспалению — **острому холециститу**. Если камни перекрывают выводной проток поджелудочной железы, то в ней развивается воспаление — **панкреатит**. Если камни в желчном пузыре никак себя не проявляют (а это бывает довольно часто), то и лечения не требуется. Но если камни вызывают повторяющиеся болевые приступы, то желчный пузырь приходится удалять. Сейчас эту операцию проводят *лапароскопическим путем*, т. е. через трубку, введенную через маленький разрез в брюшную полость.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

9.1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ в организме — это совокупность всех происходящих в нем химических процессов. Организм получает извне вещества, перерабатывает их, обеспечивая себя энергией или молекулами, необходимыми для построения собственных тканей. Образующиеся при этом продукты распада — *метаболиты* — выводятся из организма.

Совокупность реакций распада веществ, главным образом пищевого происхождения, сопровождающихся выделением и запасанием энергии, называется *диссимиляцией*, или *катаболизмом*. Совокупность реакций синтеза необходимых организму веществ, сопровождающихся затратами энергии, называется *ассимиляцией*, или *анаболизмом*. Совокупность всех реакций диссимиляции и ассимиляции в организме носит название *обмен веществ*.

Очевидно, что диссимиляция без ассимиляции и наоборот — невозможны. В здоровом организме ассимиляция и диссимиляция строго сбалансированы, хотя в период быстрого роста в юности ассимиляция может временно преобладать над диссимиляцией. Подсчитано, что взрослому человеку для нормальной жизнедеятельности необходимо не менее 1500—1700 ккал энергии в сутки. Из этого количества энергии на собственные нужды организма уходит 15—35%, а остальное затрачивается на производство тепла. Эти затраты энергии абсолютно необходимы, так как человек — *гомойотермное* существо. *Гомойотермными* называются организмы, имеющие постоянную температуру тела. Таковыми являются млекопитающие и птицы. Очень часто их называют *теплокровными*, но это неверно. Ведь рыбы, живущие в каком-нибудь маленьком прудике во Вьетнаме, имеют такую же темпе-

ратуру тела, как и окружающая их вода. А температура этой воды может быть очень высокой. Так что в этот момент и в этом месте рыбки очень даже «теплокровные». Но если этих рыбок пересадить в прохладную воду, то и температура их тела быстро понизится. Получается, что в теплой воде рыбы — «теплокровные», а в холодной — «холоднокровные»... А вот у человека температура тела всегда около 37 °С, независимо от того, парится он в бане или плавает в холодной реке. Постоянная температура тела необходима для того, чтобы поддерживать скорость химических реакций нашего обмена веществ на постоянном уровне. Не обладай мы этой способностью, ох как непросто бы нам жилось! Ведь, как известно из курса химии, чем выше температура, тем больше скорость реагирования веществ. Представьте себе, что при купании в реке, где температура воды около 20 °С, человек будет впадать в подобие зимней спячки, так как большинство реакций обмена веществ резко затормозится. Так и утонуть недолго.

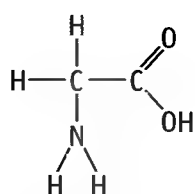
Указанное выше необходимое для человека количество килокалорий энергии в сутки (1500—1700) является минимальным. При умственной и особенно при физической нагрузке энергетические затраты существенно возрастают. При умеренной физической нагрузке человеку необходимо 2300 ккал в сутки, при тяжелой физической нагрузке это количество увеличивается вдвое. Школьники 13—15 лет расходуют около 2500 ккал в сутки, сталевары — 5000 ккал и более. Надо сказать, что рекорд принадлежит не сталеварам. Во время родов организм женщины тратит энергии столько, сколько потребляет организм альпиниста при подъеме на самую высокую вершину Западной Европы — Монблан. У человека, находящегося в спокойном состоянии, мышцы используют 26% энергии, печень — 25, мозг — 18, сердце — 9, почки — 7%. При физической нагрузке энергетические затраты мышц и сердца возрастают в 4—6 раз, а мозга и печени — не меняются.

Все реакции обмена веществ регулируются нервной и эндокринной системами.

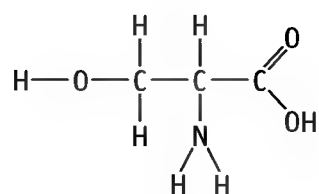
9.2

ОБМЕН БЕЛКОВ

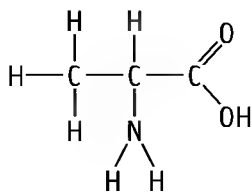
Белки являются полимерами приблизительно 20 основных аминокислот, хотя иногда в состав белков человека входят и очень редкие аминокислоты (рис. 9.1). Распадаясь в желудочно-кишечном тракте, белки пищи всасываются в виде небольших пептидов или чаще в виде отдельных аминокислот



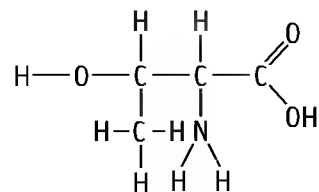
Глицин (гли)



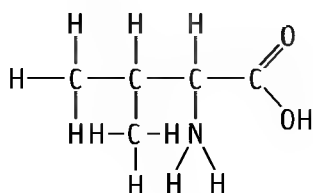
Серин (сер)



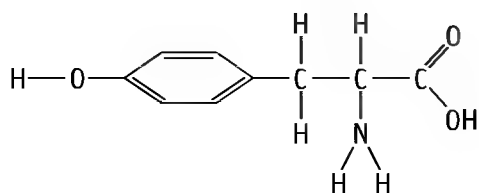
Аланин (ала)



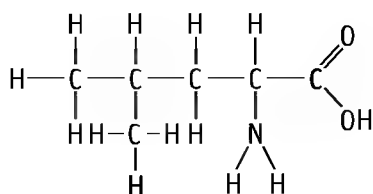
Треонин (тре)



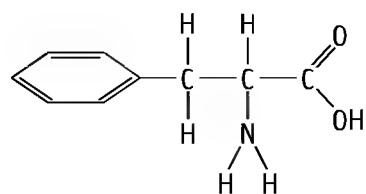
Валин (вал)



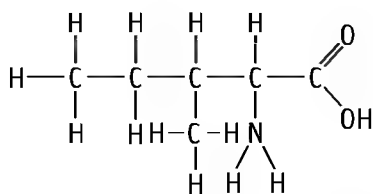
Тирозин (тир)



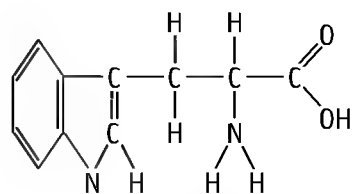
Лейцин (лей)



Фенилаланин (фен)

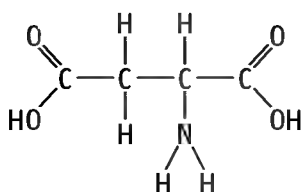


Изолейцин (илей)

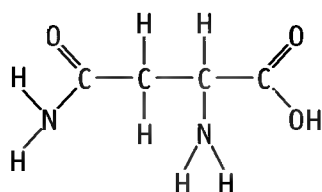


Триптофан (три)

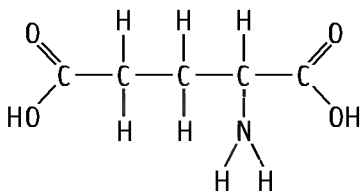
Рис. 9.1. Формулы аминокислот, входящих в состав белков человека



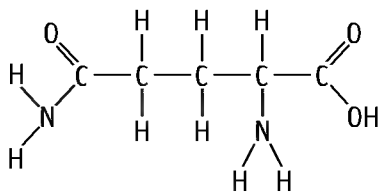
Аспарагиновая кислота (асп)



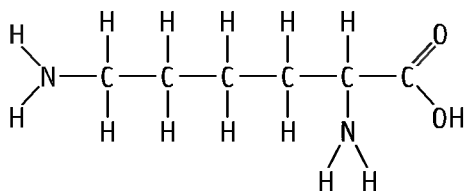
Аспарагин (асн)



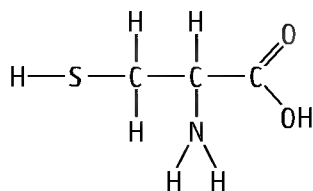
Глутаминовая кислота (глу)



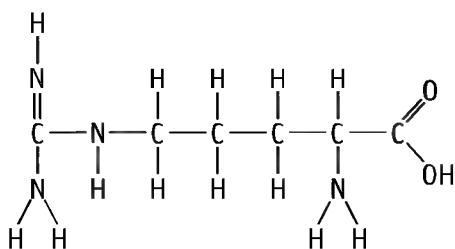
Глутамин (гln)



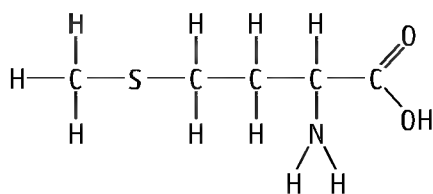
Лизин (лиз)



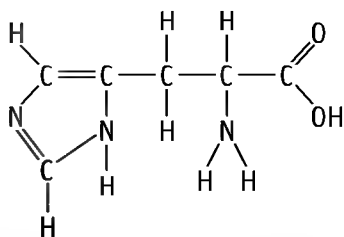
Цистеин (цис)



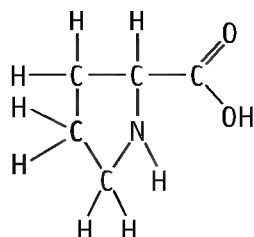
Аргинин (арг)



Метионин (мет)



Гистидин (гис)



Пролин (про)

Рис. 9.1. Окончание

в кровяное русло. Главная функция данных аминокислот — *пластическая*, т. е. из них строятся все белки нашего организма. Реже белки используются как источник энергии: при распаде 1 г выделяется 17,6 кДж.

Аминокислоты, входящие в состав белков нашего организма, делятся на заменимые и незаменимые. *З а м е н и м ы е* аминокислоты могут синтезироваться в нашем организме из других аминокислот, поступающих с пищей. К ним относятся глицин, серин и др. Однако 12 необходимых нам аминокислот не могут синтезироваться в нашем организме и обязательно должны присутствовать в белках пищи. Эти аминокислоты называются *н е з а м е н и м ы м и*. Среди них, например, лизин, триптофан, лейцин. Пищевые белки, содержащие все необходимые человеку аминокислоты, называются *полноценными*. Это главным образом белки животного происхождения. Пищевые белки, не содержащие каких-либо незаменимых аминокислот, называются *неполноценными*. К ним относятся, например, белки кукурузы, ячменя, пшеницы. Подсчитано, что за 80 суток распадается половина всех белков тела человека, т. е. за сутки распадается приблизительно 400 г белков. Однако $\frac{2}{3}$ аминокислот, образовавшихся при распаде белков нашего организма, не выводятся из него, а используются вновь, включаясь в состав синтезируемых белков. Таким образом, в сутки с пищей в организм должно поступать не менее 40 г белков, оптимальным является приблизительно 100—150 г. Растительные белки для человека являются неполноценными, поэтому при вегетарианской диете необходимо правильно подбирать рацион питания, чтобы несколькими растительными белками заменить один полноценный животный белок.

Распадаясь, аминокислоты образуют воду, углекислый газ и ядовитый аммиак. В клетках печени из аммиака быстро образуется мочеви́на. Вода и мочеви́на выводятся из организма в составе мочи, а углекислый газ выдыхается через легкие.

9.3

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Углеводы являются главным источником энергии в организме. Глюкоза особенно необходима для нормальной работы мозга. Снижение содержания глюкозы в плазме крови с 0,1 до 0,05% приводит к быстрой потере сознания, судорогам и гибели человека.

В организм человека углеводы попадают в виде полисахаридов (крахмал, гликоген), дисахаридов или моносахаридов (рис. 9.2). Углеводы всасывают-

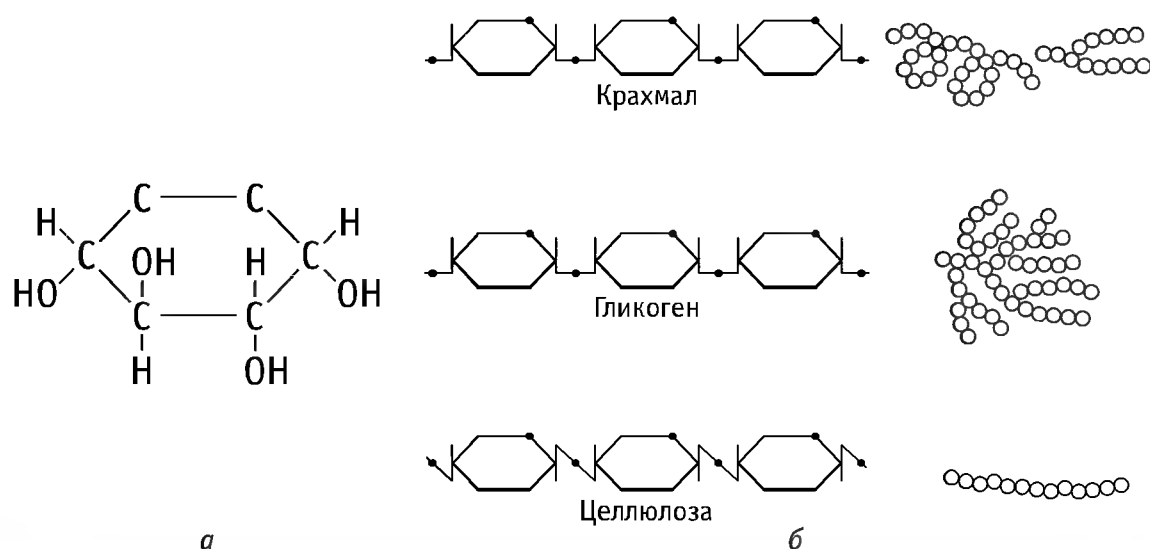


Рис. 9.2. Сахара: *а* — глюкоза; *б* — полимеры глюкозы

ся в виде моносахаридов в ворсинки тонкого кишечника и попадают в кровь. При большом количестве углеводов в пище их избыток превращается (в печени и частично в мышцах) в полимер гликоген и откладывается про запас. В печени человека может откладываться до 300 г гликогена.

Расщепление 1 г глюкозы до CO_2 и H_2O сопровождается выделением 17,6 кДж энергии. Взрослому человеку с пищей необходимо получать не менее 150 г углеводов в сутки, оптимальной является величина 500 г в сутки. Следовательно, запасов гликогена в печени может хватить не более чем на двое суток.

Помимо энергетической функции, углеводы выполняют также структурно-строительную функцию, например входя в состав нуклеиновых кислот и др.

Продукты распада углеводов выводятся из организма через почки (H_2O) и легкие (CO_2).

9.4

ОБМЕН ЖИРОВ

Жиры состоят из высокомолекулярных жирных кислот и трехатомного спирта глицерина (рис. 9.3). Жиры служат источником энергии для организма человека. Распад 1 г жиров приводит к высвобождению 38,9 кДж энергии. Значительная часть энергетических потребностей печени, мышц, почек (но не мозга) покрывается за счет окисления жиров.

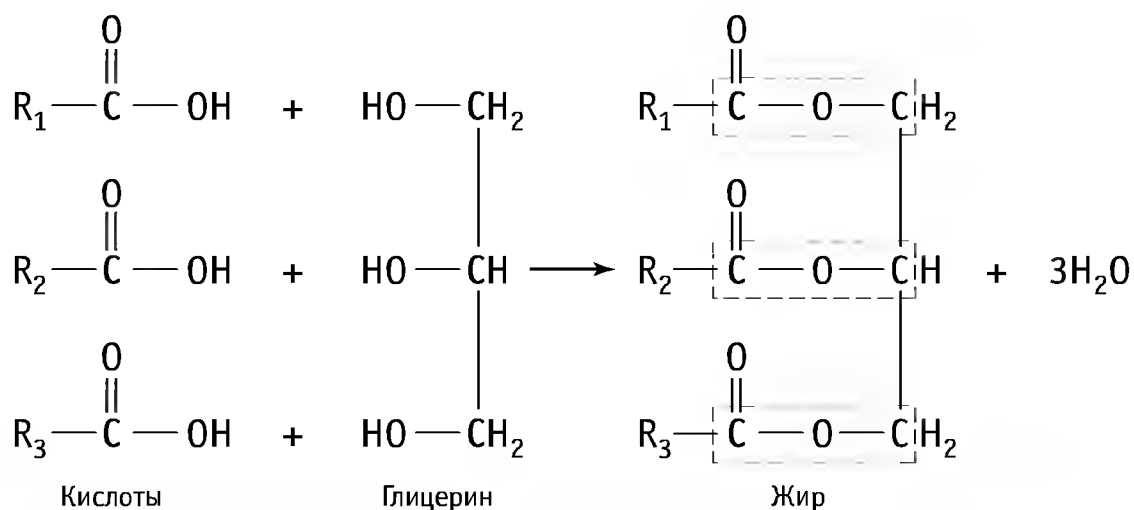


Рис. 9.3. Схема образования молекулы жира

В организм человека жиры поступают как с животной, так и с растительной пищей. Распадаясь под действием ферментов на глицерин и жирные кислоты, жиры в таком виде всасываются в ворсинках тонкого кишечника и попадают в лимфатические капилляры и далее — в кровь. Потребность в жирах определяется энергетическими затратами организма в целом и составляет в среднем 80—100 г в сутки. Избыток жира откладывается в подкожной жировой клетчатке. Там могут образовываться жировые депо, покрывающие затраты жира в течение многих суток. Распадаются жиры до CO_2 и H_2O ; CO_2 выдыхается через легкие, а H_2O выводится с мочой.

Помимо энергетической, жиры выполняют еще целый ряд функций. Так, растворяясь в жирах, в организм человека поступают жирорастворимые витамины А, D, E, К. В пищевых жирах, главным образом растительного происхождения, содержатся незаменимые жирные кислоты (линолевая и др.), необходимые для синтеза некоторых физиологически активных веществ. Поэтому недостаток в пище этих кислот приводит к заболеваниям человека. Жироподобные вещества — *липиды* входят в состав всех клеточных мембран организма, обуславливая их избирательную проницаемость. Они также определяют активность многих ферментов и участвуют в мышечном сокращении и проведении нервного импульса. Сложные липиды могут представлять собой комплексы с белками — *липопротеиды*, с фосфорной кислотой — *фосфолипиды*, с остатками сахаров — *гликолипиды*. Роль сложных липидов в функционировании всех клеток человеческого организма чрезвычайно велика.

По своим физико-химическим свойствам к липидам близок *холестерин*. Он входит в состав клеточных мембран и обязателен для нормальной жизнедеятельности организма.

Для чего еще абсолютно необходим организму холестерин?

Из холестерина синтезируются гормоны, относящиеся к химическому классу **стероидов**. А это — *половые гормоны* (андрогены и эстрогены) и *гормоны коры надпочечников*. Кроме того, холестерин является исходным веществом для синтеза важного компонента желчи — *желчных кислот*. Однако избыток холестерина в крови может привести к образованию **атеросклеротических бляшек** и закупорке кровеносных сосудов.

9.5

ОБМЕН ВОДЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ

Вода — наиболее распространенное вещество в нашем организме. Взрослый человек состоит из воды приблизительно на 65%, а человеческий эмбрион содержит около 90% воды. В сутки организм человека теряет около 2,0—2,5 л воды. Столько же он должен получать в сумме с питьем (1 л) и пищей (1 л). Вода и растворенные в ней минеральные соли всасываются на протяжении всего желудочно-кишечного тракта, но более всего — через ворсинки тонкого кишечника. Обезвоживание организма приводит к быстрой гибели человека. Без воды человек может прожить не более 5—6 дней, тогда как без пищи может обходиться более 50 дней.

Вода необходима организму в качестве **среды**, в которой протекают все химические реакции. Она является **транспортным средством**, перенося растворы веществ по всему организму (плазма крови, лимфа, межклеточная жидкость). Вода нужна для **поддержания постоянной температуры тела**.

Удаляется вода из организма через почки (около 1 л в сутки), кожу (0,8 л в сутки), с парами воздуха через легкие (0,5 мл в сутки), с калом (0,15 л в сутки).

Из неорганических веществ помимо воды организм нуждается в постоянном поступлении **минеральных солей**. И хотя они составляют не более 4% от массы тела, набор их очень разнообразен. В сутки в организм человека должно поступать с пищей и питьем не менее 8 г натрия, 5 г хлора, 3 г калия, 1 г кальция, 2 г фосфора, 0,2 г железа. Эти вещества называют *макроэлементами*. А *микроэлементы* необходимы человеку в очень малых дозах — долях миллиграмма, но нормальная жизнедеятельность без них абсолютно невозможна. К микроэлементам относят медь, иод, цинк, фтор, магний и многие другие элементы.

Большая часть **кальция** человеческого организма содержится в костной ткани, эмали и дентине зубов. Кроме этого соли кальция обязательно

входят в состав плазмы крови. Без кальция кровь теряет способность к свертыванию. Кальций играет роль одного из важнейших регуляторных факторов в организме. Он уменьшает проницаемость стенок сосудов, необходим для нормального сокращения мышц, активирует множество ферментов клеток, стимулирует выработку многих гормонов, оказывает противовоспалительное действие. К сожалению, кальций усваивается организмом слабо, так как присутствует в пище в виде малорастворимых или даже совсем не растворимых в воде соединений. Самый надежный источник кальция — молочные продукты.

С обменом кальция тесно связан обмен *ф о с ф о р а*. Роль солей фосфора — *фосфатов* — очень велика. Они входят в состав костной ткани, соединений, обеспечивающих хранение и перенос энергии в организме (АТФ и др.), нуклеотидов ДНК и РНК. В составе *фосфолипидов* и *фосфопротеинов* фосфаты находятся в мембранах клеток. При участии фосфатов происходят реакции фосфорилирования, следствием которых является активация многих веществ в клетке, после чего эти вещества начинают участвовать в реакциях обмена веществ.

В организм фосфорные соединения поступают с животной и растительной пищей. Больше всего фосфора в сыре, яйцах, рыбе, фасоли, горохе.

К а л и й, *н а т р и й* и *х л о р* необходимы для обеспечения электрических процессов, происходящих в возбудимых тканях. Кроме того, калий нужен для нормальной работы мышц, в частности сердечной мышцы. Много калия содержится в некоторых растительных продуктах, в мясе, в морской рыбе. Обычно люди не испытывают недостатка в этом элементе. Однако калий очень интенсивно выводится из организма при использовании мочегонных средств, и тогда следует либо принимать препараты калия, либо питаться продуктами, в которых много калия. Что касается натрия и хлора, то они поступают в организм в достаточном количестве в составе самых разных продуктов и, самое главное, в виде поваренной соли.

В организме человека содержится всего около 4—5 г *ж е л е з а*. Большая его часть, где-то 80%, входит в состав гемоглобина. Кроме того, железо является необходимой составной частью многих ферментов. Таких железосодержащих ферментов в организме не менее 70. Если железа мало в пище или оно плохо усваивается организмом, то у человека возникает целый ряд расстройств, из которых самым известным является *малокровие*, или *анемия*. Железа много в печени, мясе, петрушке, укропе, гречке, яблоках. Имеются в продаже и минеральные воды, содержащие много железа.

Человеку нужно совсем мало *м а г н и я*, но роль этого металла в организме очень велика. Магний снижает содержание холестерина в крови, препятствуя образованию атеросклеротических бляшек. Он предупреждает образование камней в почках; регулирует процессы, лежащие в основе возбу-

димости биологических мембран; стимулирует перистальтику кишечника; участвует в реакциях иммунитета. Больше всего магния содержится в лесных орехах и какао. Но для большинства людей основной источник магния — горох, фасоль, различные крупы. Однако следует знать, что постоянное потребление больших количеств магния, возможно, лежит в основе развития некоторых психических расстройств.

Более 100 лет тому назад было доказано, что иод накапливается в щитовидной железе. Затем установили, что иод является необходимым компонентом гормонов этой железы. О роли этих гормонов в организме будет сказано немного позднее. Суточная потребность человека в иоде — 100—150 мкг (микрограммов) в сутки, а у беременных и кормящих женщин — в два раза выше. Иод поступает в наш организм с водой, морскими продуктами, молоком, некоторыми овощами. Однако содержание иода уменьшается при длительном хранении и кулинарной обработке продуктов.

Список минеральных солей, необходимых человеку, можно продолжать и продолжать. Ведь сейчас установлено, что в организме содержится почти вся Периодическая таблица Менделеева — около 90 элементов. Надо сказать, что многие вещества, ранее считавшиеся ядовитыми, необходимы человеку для нормальной жизни, но в очень маленьких количествах. К таким веществам относятся, например, медь, цинк, селен, хром, кобальт, алюминий.

9.6

ФЕРМЕНТЫ И ИХ РОЛЬ В ОРГАНИЗМЕ

В организме человека одновременно происходят миллионы различных химических взаимодействий. Все эти реакции метаболизма протекают при температуре около 37 °С и значениях pH, близких к нейтральному. В таких условиях химические реакции должны были бы длиться очень и очень долго, а многие из них вообще бы не происходили. Однако в организме все реакции метаболизма осуществляются быстро, многие — за миллионные доли секунды. Это происходит благодаря тому, что в реакциях обмена веществ участвуют ферменты.

Ферменты — это специальные белковые молекулы, ускоряющие скорость протекания химических реакций в организме во много миллионов и миллиардов раз. Ферменты также называют *биологическими катализаторами*. В организме человека выявлено не менее 1000 ферментов, каждый из которых избирательно катализирует какую-либо реакцию обмена веществ. Ферменты необходимы для синтеза белков, переваривания и усвоения пита-

тельных веществ, реакций энергетического обмена, мышечного сокращения, нервно-психической деятельности, размножения, процессов выведения веществ из организма и т. д. Ферменты — наиболее активные из всех катализаторов. Например, фермент каталазы превращает образующуюся в клетках и очень для них ядовитую перекись водорода в воду и кислород. При этом одна молекула каталазы способна за одну секунду «утилизировать» 10 тыс. молекул токсичной перекиси. Сами ферменты в реакциях не участвуют, но они способны мгновенно запускать какой-либо химический процесс с очень малыми затратами энергии.

Ферментативную активность обычно определяет небольшая часть белковой молекулы фермента, называемая *активным центром*. Иногда в состав активных центров, помимо аминокислот, входят ионы металлов, витамины и другие соединения небелковой природы. Эти «помощники» ферментов называются *коферментами*. Например, витамины B_1 и B_2 являются коферментами ферментов энергетического обмена клетки.

Форма и химическое строение активного центра фермента должны быть такими, чтобы с ним могло связаться только определенное соединение, которое называется *субстратом фермента* (рис. 9.4, а). Так, активный центр фермента лизоцима, содержащегося в слюне, слезах, в слизистых верхних дыхательных путей, имеет вид щели, которая по форме и размеру точно соответствует фрагменту муреина — полисахарида оболочки бактерий. Благодаря этому лизоцим играет роль одного из защитных барьеров нашего организма, разрушая некоторые бактерии.

Связавшись с активным центром, молекула субстрата меняет свою форму таким образом, что участвующая в реакции химическая связь ослабляется, и поэтому катализируемая реакция проходит с большей скоростью и меньшими затратами энергии (рис. 9.4, б). После завершения реакции комплекс «фермент — субстрат» распадается на продукт реакции и свободный фермент, который может взаимодействовать со следующей молекулой субстрата (рис. 9.4, в). Ускоряя реакции обмена, ферменты не приносят в них свою энергию, и если для реакции необходимы энергетические затраты, они обеспечиваются участием в них АТФ.

Итак, ферменты очень важны для нормальной работы систем нашего организма. Поэтому понятно, что отсутствие какого-либо фермента или нарушение его активности приводит к заболеваниям, а нередко и к смерти человека. Так, передаваемое по наследству заболевание детей **галактоземия** (приводит к умственной отсталости) развивается вследствие нарушения синтеза фермента, ответственного за превращение галактозы в легко усваиваемую глюкозу. Причиной другого наследственного заболевания — **фенилкетонурии**, сопровождающегося расстройством психической деятельности, является потеря клетками печени способности синтезировать

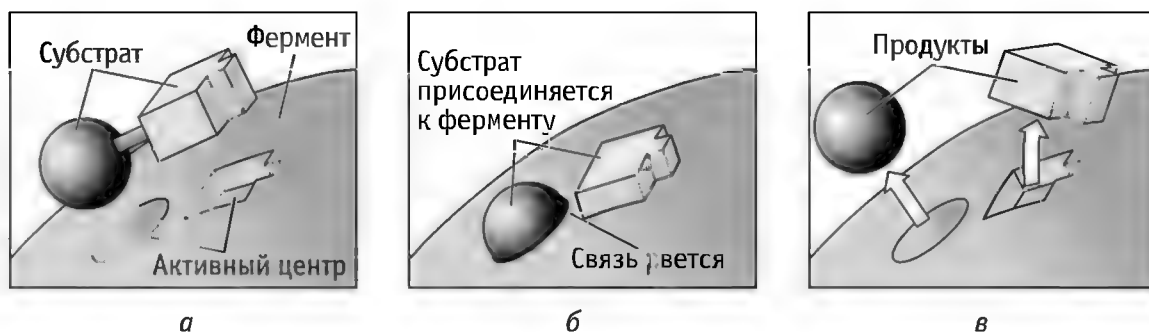


Рис. 9.4. Схема работы фермента.

Фермент и субстрат, на который он действует, имеют сходную форму (а); фермент расщепляет субстрат (б), выделяя продукты реакции (в)

фермент, катализирующий превращение аминокислоты фенилаланина в тирозин.

Для диагностики многих заболеваний человека применяют определение активности ферментов в крови, моче, спинномозговой жидкости, сперме. Например, при помощи анализа ферментов плазмы крови можно выявить вирусный гепатит, ранние стадии инфаркта миокарда, панкреатит, болезни почек и другие заболевания.

9.7

ВИТАМИНЫ И ИХ РОЛЬ В ОРГАНИЗМЕ

Витамины — историческое название большой группы физиологически активных веществ различной химической природы, которые поступают в организм с пищей и часто представляют собой активные небелковые части ферментов — коферменты. Витамины необходимы организму в очень малых количествах, однако при их недостатке быстро развиваются болезни — *авитаминозы*, которые могут иметь смертельный исход. Некоторые витамины (B_6 и B_{12}) могут синтезироваться бактериями, обитающими в толстом кишечнике.

Витамины делят на водорастворимые (С, В и др.) и жирорастворимые (А, D, Е, К).

Жирорастворимые витамины могут полноценно усваиваться только при нормальном всасывании жиров, поэтому у пожилых людей с ослабленной функцией печени, как правило, наблюдается их недостаток — *гиповитаминоз* или даже развиваются заболевания — *авитаминозы*. При использовании ряда лекарств (например, антибиотиков) или при радиационном поражении микрофлоры кишечника частично погибает, и выработка

некоторых витаминов резко снижается. Это также приводит к развитию гипо- и авитаминозов.

Рассмотрим подробнее основные водорастворимые витамины.

ВИТАМИН С — АСКОРБИНОВАЯ КИСЛОТА. Суточная потребность — 50 мг; в ситуациях, требующих большого напряжения организма, дозу следует увеличить до 100 и даже 200 мг. Однако очень большие дозы этого витамина, достигающие 10 г в сутки, которые рекомендовали ранее в качестве противогриппозного лекарства и общеукрепляющего средства, оказались вредными. Большие дозы аскорбиновой кислоты приводят к нарушениям образования гормона поджелудочной железы инсулина, а также к ухудшению зрения.

Витамин С необходим для нормального роста организма, он регулирует обмен углеводов и белков. Этот витамин участвует в образовании одного из главных белков соединительной ткани — *коллагена* — и стимулирует заживление ран. Кроме того, витамин С способствует усвоению железа в кишечнике, усиливает иммунитет, обезвреживает некоторые ядовитые вещества и токсичные продукты, образующиеся в самом организме.

Аскорбиновая кислота содержится в овощах и фруктах, но больше всего ее в плодах шиповника, в ягодах черной смородины, облепихи и в сладком перце.

Нехватка этого витамина в пище в течение 3—6 месяцев приводит к заболеванию *цингой*. На фоне снижения умственной и физической работоспособности, вялости, поражения кожи возникает повышенная кровоточивость. Она вызвана увеличением проницаемости стенок кровеносных сосудов из-за нарушений синтеза коллагена, входящего в их состав. Начинаются боли в суставах и мышцах. Десны кровоточат, зубы расшатываются и выпадают. Если не компенсировать нехватку витамина С, человек может погибнуть.

ВИТАМИН В₁ — ТИАМИН. Суточная потребность — около 2 мг. Однако при нервном и физическом напряжении, при беременности и кормлении грудью потребность в тиамине значительно повышается. Если человек живет и работает в холодном климате, то количество тиамина в его пище должно быть увеличено в полтора-два раза. Этот витамин входит в состав ферментов углеводного обмена, обмена аминокислот. Тиамин необходим для нормальной работы нервной, эндокринной и иммунной систем.

Наиболее богаты тиаминем изделия из муки грубого помола, содержащие отруби, а также бобовые растения: горох, фасоль, соя. Очень много тиамина в пивных дрожжах. При кулинарной обработке продуктов теряется до 40% этого витамина. Тиамин разрушается кофеином и ферментом тиаминазой, содержащейся, например, в сырой рыбе. Так, что любителям японской кухни надо есть побольше черного хлеба, а не то они рискуют заполучить авитаминоз.

При недостатке витамина B_1 сначала возникают бессонница, повышенная раздражительность, беспокойство, головные боли. Появляются слабость и боли в ногах. Но крайней степенью авитаминоза B_1 является болезнь **бери-бери**. Это название пришло к нам из одного азиатского юго-восточного диалекта и означает «кандалы», «оковы». Дело в том, что при бери-бери развивается поражение длинных нервов, особенно в конечностях. В результате нарушения проведения нервных импульсов по нервам развиваются *параличи* и *атрофия мышц* (рис. 9.5). Больные с трудом передвигаются, волоча ноги, пальцы рук и ног у них скрючены.

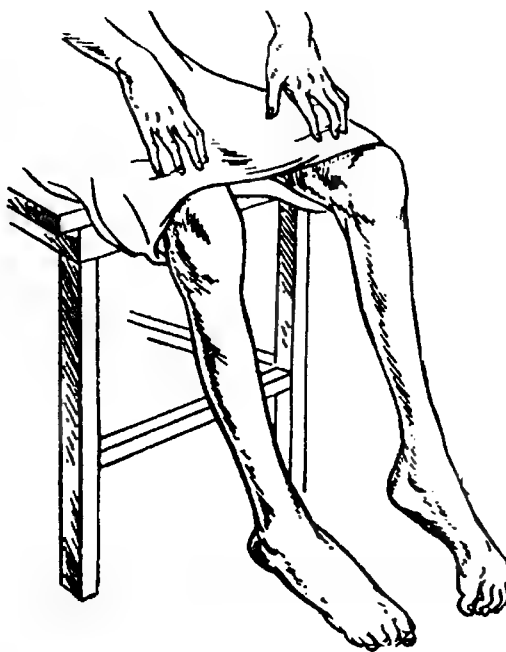


Рис. 9.5. Атрофия мышц ног при бери-бери

Видимо, по мнению индонезийцев, давших этой болезни название, именно так двигаются люди, ноги которых закованы в кандалы. Собственно, авитаминоз B_1 и был открыт в тюрьме. В 1896 г. голландский врач Я. Эйкман описал бери-бери в тюремном госпитале на острове Ява. Он смог связать возникновение заболевания со скудным пищевым рационом заключенных, состоящим из шлифованного (лишенного оболочек) риса и рыбы. А B_1 содержится именно в оболочках семян зерновых культур (отрубях), в рыбе к тому же имеется довольно много тиаминазы, способствующей разложению этого витамина.

Если тяжёлым бери-бери не начать вводить в организм тиамин, они погибнут. И вообще, инъекции B_1 больным бери-бери детям, а иногда и взрослым буквально творят чудеса и приводят к улучшению состояния пациентов уже через несколько часов.

ВИТАМИН B_2 — РИБОФЛАВИН. Суточная потребность — 1—2 мг. Участвует в окислительно-восстановительных процессах, в синтезе основного источника энергии в организме — АТФ. Рибофлавин необходим для нормального восприятия цветов, увеличения остроты зрения и защиты глаз от вредного ультрафиолетового излучения. Этот витамин важен для правильного развития эмбриона и роста ребенка.

Главными источниками витамина B_2 являются молоко и молочные продукты, яйца, печень, мясо, рыба, хлеб, гречневая крупа. Однако при термиче-

ской обработке пищевых продуктов содержание в них рибофлавина снижается почти на 50%.

Нехватка витамина B_2 в организме может возникать при беременности или тяжелых физических нагрузках. Усвоение рибофлавина в кишечнике нарушается при многих болезнях, затрагивающих пищеварительную систему. При значительной нехватке этого витамина возникает воспаление слизистой оболочки языка, губ, а также в уголках рта. Плохо заживают повреждения кожи, слезятся глаза, развивается светобоязнь.

ВИТАМИН B_6 — ПИРИДОКСИН. Этот витамин необходим организму человека в количестве 1—2 мг в сутки, хотя у беременных и кормящих женщин потребность в нем возрастает до 4 мг в сутки. Больше витамина B_6 требуется людям, работающим с ядохимикатами, радиоактивными веществами. Его физиологическая роль определяется тем, что пиридоксин входит в состав активного центра ферментов, участвующих в реакциях обмена аминокислот.

Много пиридоксина содержат дрожжи, мясо, зерновые культуры, яйца. Кроме того, витамин B_6 вырабатывают бактерии, являющиеся симбионтами людей и живущие в толстом кишечнике.

Авитаминоз B_6 случается довольно редко, чаще всего при употреблении лекарств, подавляющих микрофлору кишечника — антибиотиков, сульфаниламидов. При авитаминозе отмечаются потеря аппетита, тошнота, поражения кожи. Микроорганизмы, живущие в нашем кишечнике, очень плохо переносят облучение и погибают даже от относительно небольших доз радиации, поэтому выработка витамина B_6 снижается при лучевой болезни любой степени.

ВИТАМИН B_{12} — КОБАЛАМИН. Этот витамин участвует в кроветворении, обмене белков и нуклеиновых кислот, стимулирует рост, способствует нормальной работе центральной и периферической нервной системы. В сутки необходимо потреблять с пищей около 3 мг кобаламина, а беременным и кормящим женщинам — 4—5 мг.

Источником витамина B_{12} являются почти исключительно продукты животного происхождения: печень, мясо, яйца, сыр. В растительных продуктах данного витамина практически нет, о чем необходимо помнить вегетарианцам. Для всасывания витамина B_{12} в кишечнике необходим особый белок (называемый *внутренним фактором Касла*), синтезируемый клетками слизистой оболочки желудка. Фактор Касла соединяется с кобаламином и переносит его через стенки кишечника в кровь. Если выработка этого вещества в стенках желудка нарушена, то витамин не усваивается и происходит угнетение процессов кроветворения. Эта болезнь получила название **злокачественной**, или **пернициозной, анемии**. Если кобаламин не всасывается в желу-

дочно-кишечном тракте, то в случае пернициозной анемии его вводят в организм при помощи инъекций, которые приходится делать пожизненно.

ФОЛИЕВАЯ КИСЛОТА. Также является витамином, необходимым для нормального кроветворения. Суточная потребность в ней составляет всего 0,2—0,4 мг. Действуя совместно с B_{12} , фолиевая кислота участвует в синтезе эритроцитов и компонентов ДНК, необходима для процессов роста организма и поддержания иммунитета.

Источником фолиевой кислоты являются свежие овощи, зелень и бобовые, а из животных продуктов — печень, творог, сыр, яйца. Источников этого витамина много, однако термическая обработка разрушает до 90% фолиевой кислоты.

При а в и т а м и н о з е развивается малокровие, снижается иммунитет, возникает целый ряд заболеваний желудочно-кишечного тракта и печени.

ВИТАМИН РР — НИКОТИНОВАЯ КИСЛОТА. Потребность в этом витамине составляет 20—25 мг в сутки. Витамин РР входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвующих в процессах энергетического обмена в клетках.

Источником его являются как животные продукты (печень, мясо, рыба), так и растительные (хлеб, крупы, овощи). В организме витамин РР может синтезироваться из пищевой аминокислоты триптофана. А триптофана много в молоке и яйцах. Таким образом, избытком этих продуктов можно возместить нехватку в пище никотиновой кислоты: она будет синтезирована из триптофана.

При н е х в а т к е витамина РР начинаются поносы, развиваются поражения кожных покровов. При сильном авитаминозе формируется заболевание, названное *пеллагрой*. Эта болезнь характеризуется поражением желудочно-кишечного тракта, кожи и мозга. Самые тяжелые проявления пеллагры — нарушения психики, слабоумие, галлюцинации, депрессия. Лечат пеллагру высокими дозами витамина РР, превышающими рекомендуемые суточные количества в 25 раз.

Кроме рассмотренных выше, существует еще целый ряд водорастворимых витаминов: *биотин*, *пантотеновая кислота* и др. Ж и р о р а с т в о р и м ы х витаминов заметно меньше.

ВИТАМИН А — РЕТИНОЛ. Потребность организма в этом жирорастворимом витамине составляет приблизительно 1 мг в сутки. Витамин А обеспечивает нормальный рост организма, формирование скелета, поддерживает жизнеспособность клеток эпителия кожи, необходим для образования зрительного пигмента родопсина. Ретинол содержится в печени рыб и животных, в яйцах, в моркови, масле, сметане. В листьях растений присутствует раститель-

ный пигмент *бета-каротин*, из которого в организме человека постепенно образуется витамин А. При нормальном питании в печени человека формируется депо этого витамина.

Нехватка витамина А и, следовательно, развитие авитаминоза часто встречается в тех странах, где основной пищей является шлифованный рис, в котором этого витамина нет. Кроме того, заболевания кишечника, печени, поджелудочной железы, в результате которых ухудшается всасывание жиров, приводят к нехватке в организме жирорастворимых витаминов.

Первым симптомом авитаминоза А является **куриная слепота** — снижение способности различать цвета в полумраке. Затем на склере глаза появляется пенистое пятно — то, что в народе называется **бельмом**. Отсутствие лечения быстро приводит к слепоте. Недостаток витамина способствует развитию различных поражений кожи — **дерматитов**. Далеко не всегда есть возможность ликвидировать нехватку витамина А, добавляя его в пищу, так как он может и не усваиваться организмом из-за болезней желудочно-кишечного тракта. Тогда приходится вводить витамин А с помощью инъекций.

В отличие от водорастворимых витаминов, быстро и легко выводящихся из организма, жирорастворимые витамины, накапливаясь, могут оказывать нежелательные воздействия на самые различные процессы жизнедеятельности. Правда, отравиться ретинолом довольно трудно, так как большие его количества содержатся в довольно-таки экзотической пище: печени белого медведя, акулы, моржа, тюленей. Если употреблять в пищу много моркови, богатой каротином, то отравления организма не произойдет, но кожа, особенно на ладонях и подошвах, может надолго стать оранжевой.

ВИТАМИН D — КАЛЬЦИФЕРОЛ. Этот витамин особенно необходим детям, поэтому суточная доза для детей несколько больше, чем для взрослых, и составляет 10—25 мг. Витамин D регулирует обмен кальция и фосфора, обязателен для нормального образования костной ткани. Кальциферол повышает всасывание кальция и фосфора в тонком кишечнике и способствует их отложению в костях. Витамином D богаты, в основном, продукты животного происхождения: печень рыб, молочные продукты, яйца. Кроме того, витамин D вырабатывается в коже человека под действием ультрафиолетового излучения — при пребывании на солнце.

У детей авитаминоз D проявляется в виде болезни, называемой **рахитом** (рис. 9.6). При рахите наблюдаются судороги мышц, дети отстают в развитии, кости голеней искривляются, задерживается окостенение родничков черепа. Рахит чаще всего наблюдается у городских детей, которые находятся на солнце заметно меньше, чем их деревенские сверстники. У взрослых дефицит витамина D бывает довольно редко, но вот в коже пожилых людей под действием солнечных лучей вырабатывается мало кальциферола,

и может возникнуть авитаминоз. Рахит хорошо лечится добавлением витамина D в пищу, однако очень большие дозы этого витамина могут повысить содержание кальция в крови и привести к отложению его солей в почках.

ВИТАМИН Е — ТОКОФЕРОЛ. Суточная потребность в этом витамине — 10 мг. Токоферол является универсальным защитником клеток организма от повреждения чрезвычайно активными химическими соединениями, которые называются *свободными радикалами*. Витамин Е не позволяет свободным радикалам кислорода разрушать липиды клеточных мембран.

Источником этого витамина являются растительные масла, особенно нерафинированные. Рекордсменом по содержанию токоферола среди этих масел оказалось облепиховое. Витамин Е содержится также в печени, яйцах, в хлебобулочных изделиях, в гречневой крупе, в бобовых.

А в и т а м и н о з Е у людей почти не встречается, однако этот витамин необходим беременным женщинам, так как он предохраняет от выкидышей плода.

ВИТАМИН К — ФИЛЛОХИНОН. Суточная потребность в этом витамине не очень велика — доли миллиграмма. Однако он выполняет в организме чрезвычайно важные функции, участвуя в образовании протромбина в печени. Напомним, что без протромбина невозможно свертывание крови.

Филлохиноном богаты многие продукты: цветная капуста, салат, кабачки, говяжья печень и др. Кроме того, этот витамин вырабатывается бактериями, живущими в толстом кишечнике.

А в и т а м и н о з К чаще возникает не потому, что данного витамина не хватает в пище, а потому, что он не всасывается в кишечнике, например из-за заболеваний печени. При ряде заболеваний не усваиваются жиры, а следовательно, снижено всасывание жирорастворимых витаминов. Из-за нехватки филлохинона замедляется процесс свертывания крови и возникают кровотечения, которые очень трудно останавливать. Однако инъекция витамина К нормализует свертывание крови уже через 3—6 часов.



Рис. 9.6. В центре — здоровый ребенок; по бокам дети того же возраста, больные рахитом

НАРУШЕНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Перечислить все встречающиеся у человека нарушения обмена веществ практически невозможно. Ведь любая болезнь — нарушение обмена веществ. Здесь мы остановимся только на тех проблемах, которые возникают у человека при неправильном питании, так как именно эти болезни традиционно называют нарушениями обмена веществ.

Для каждого человека существует свой оптимальный вес, который определяется его ростом, полом, возрастом. Однако из-за неправильного питания вес человека может изменяться как в одну, так и в другую сторону в зависимости от того, какие обменные процессы — ассимиляция или диссимиляция, — становятся преобладающими.

Сколько пищи необходимо человеку для поддержания нормальной жизнедеятельности?

Необходимое количество пищи зависит от образа жизни: сталевару нужно поглощать больше калорий, чем продавцу мороженого. Хотя существуют

профессии, требующие на первый взгляд малых затрат энергии, но на самом деле являющиеся чрезвычайно «энергоемкими». Например, дирижер симфонического оркестра благодаря эмоциональному и физическому напряжению теряет за время концерта до 2 кг.

Ученые-диетологи подсчитали, что среднему взрослому человеку необходимо 14 кг пищи в неделю. Но на самом-то деле нужно подсчитывать не вес съеденных продуктов, а **ч и с л о к а л о р и й**, поступивших в организм с пищей.

В богатых, промышленно развитых странах ожирением страдает каждый пятый мужчина и каждая третья женщина, а в бедных странах, Африки например, наблюдается противоположная картина. Там людям просто есть нечего. Однако во многих случаях излишний аппетит или, наоборот, нежелание потреблять пищу являются следствием болезни.

Анорексия — болезнь людей, желающих похудеть во что бы то ни стало. Причем чаще всего эти люди не являются толстыми. Сейчас стало ясно, что анорексия — серьезное психическое расстройство, и некоторые психиатры считают ее проявлением одной из форм шизофрении. Обычно эта болезнь наблюдается у молодых людей в возрасте от 12 до 30 лет. Причем чаще болезнь поражает девушек, чем юношей (рис. 9.7). Больные анорексией худеют настолько, что нарушаются пищеварение, кровообращение, умственная деятельность. Для излечения необходимо прибегать к помощи врачей и гос-



Рис. 9.7. Девятнадцатилетняя девушка: *слева* во время болезни анорексией, *справа* — после лечения

питализировать больного. Приходится убеждать пациента в том, что он не просто похудел, а заболел.

Совершенно противоположная картина наблюдается при **булимии**: для нее характерны приступы обжорства, во время которых больной, а чаще больная, съедает во много раз больше еды, чем обычно. Болезнь провоцируется состоянием тревоги, эмоциональной напряженностью, одиночеством. Лечение булимии в конечном счете зависит от самого больного, который должен научиться снимать стресс какими-либо другими способами, помимо обжорства. Если же не контролировать себя, то можно потолстеть до невероятных размеров.

Считается, что самым толстым человеком на Земле был Йон Миннок, умерший в 1983 г. Он весил 635 кг, и, чтобы перевернуть его на кровати, требовалось 12 дюжих мужчин.

10 ВЫДЕЛЕНИЕ

10.1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫДЕЛЕНИИ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОРГАНИЗМА

Выделение — процесс удаления из организма тех конечных продуктов обмена (*метаболитов*), которые не могут быть более использованы организмом для своих нужд. *Значение выделения* — поддержание постоянства внутренней среды организма. Продукты распада различных веществ, образующиеся в результате разнообразных обменных реакций, поступают в кровь и выводятся из организма несколькими путями.

Основными **органами выделения** являются *почки*, через которые удаляются избыток воды, азотсодержащие продукты распада белков, некоторые соли и многие другие вещества. Таким образом, почки поддерживают постоянное соотношение воды и солей в организме. Через *легкие* из организма человека удаляются CO_2 , небольшое количество паров воды, некоторые летучие вещества. *Потовые железы* выделяют через кожу воду, мочевины, аммиак, соли. Через *кишечник* из организма с калом удаляются соли токсичных тяжелых металлов, продукты превращения желчных пигментов (билирубина и биливердина).

10.2

СТРОЕНИЕ ПОЧЕК

Почки — парные бобовидные органы, расположенные у задней стенки брюшной полости на уровне 1-го и 2-го поясничных позвонков. Масса каждой почки составляет около 150 г. Длина почки в среднем 12 см, толщина — 3 см, ширина — 7 см.

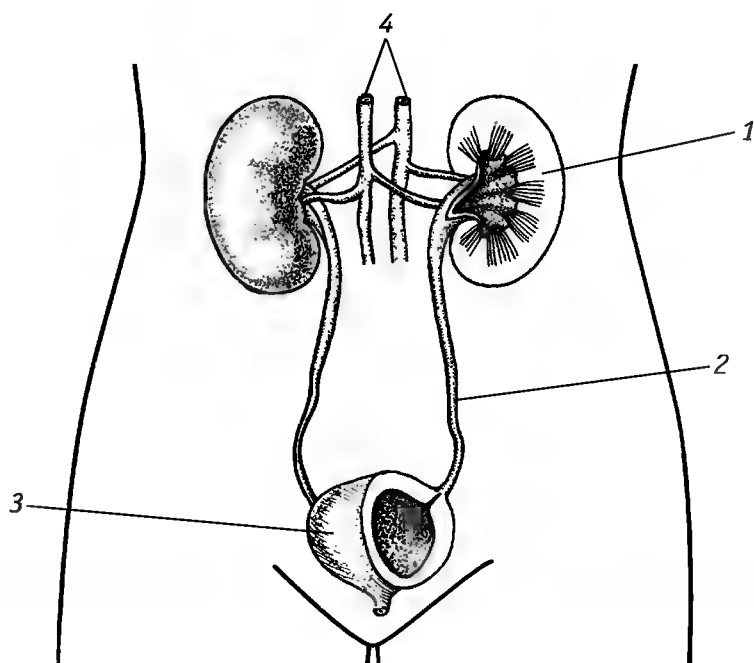


Рис. 10.1. Расположение почек и мочевого пузыря в брюшной полости человека:

1 — почка; 2 — мочеточник; 3 — мочевой пузырь; 4 — кровеносные сосуды

Почки прикреплены к брюшной стенке слоем соединительной ткани таким образом, что располагаются по обе стороны позвоночника над поясницей, позади печени и желудка (рис. 10.1). Снаружи каждая почка покрыта оболочками из соединительной и жировой ткани. Почка состоит из **д в у х** **с л о е в**: более темного наружного — *коркового* и более светлого внутреннего — *мозгового*. Корковое вещество заходит в мозговое, разделяя его на *почечные пирамиды*. В корковом слое располагаются капсулы *нефронов* (см. далее), а в мозговом — *почечные канальцы*.

Вогнутый край почки обращен к позвоночнику. В этом месте в почку входят и выходят из нее кровеносные сосуды, а также иннервирующие почку нервы. Там же находится полость, называемая *почечной лоханкой*. От почечной лоханки каждой почки отходит **м о ч е т о ч н и к**, соединяющий почку с мочевым пузырем (рис. 10.2). **М о ч е в о й п у з ы р ь** — гладкомышечный мешок, служащий для сбора мочи. С внешней средой мочевой пузырь соединяет **м о ч е и с п у с к а т е л ь н ы й к а н а л**, перекрытый специальными *сфинктерами*.

Каждая почка состоит приблизительно из 1 млн нефронов. **Н е ф р о н ы** являются структурно-функциональными единицами почки и обеспечивают процессы фильтрации, однако концентрирование мочи возможно только при совместной работе многих нефронов.

Отдельный нефрон состоит из *капсулы Шумлянского—Боумена* и *почечного канальца* (рис. 10.3). Капсулы нефронов расположены в корковом слое

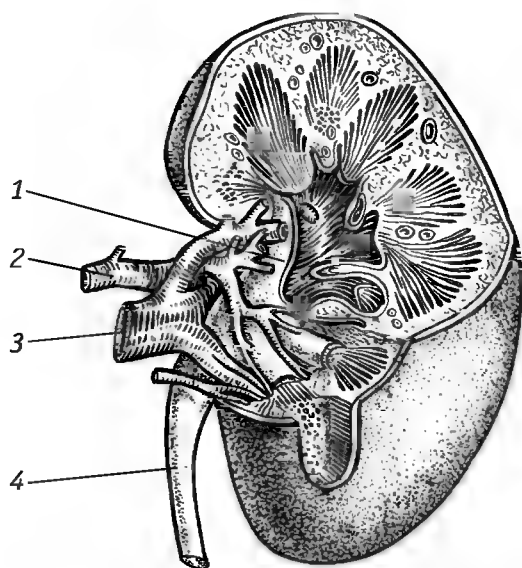


Рис. 10.2. Строение почки:

1 — почечная лоханка; 2 — почечная вена; 3 — почечная артерия; 4 — мочеточник

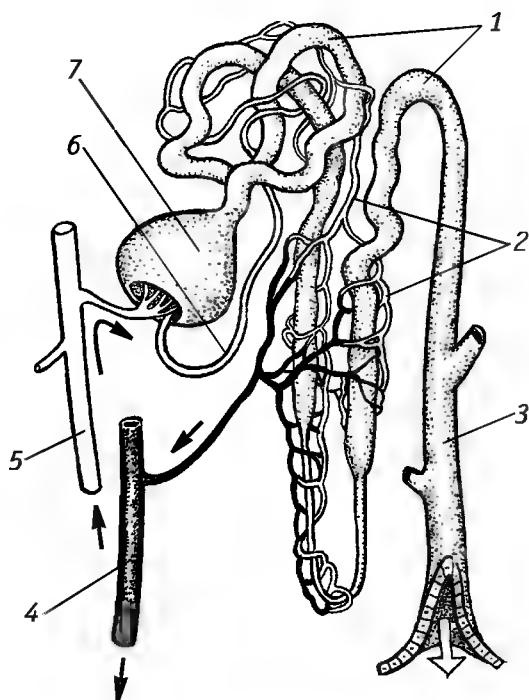


Рис. 10.3. Строение нефрона:

1 — канальцы; 2 — капилляры; 3 — собирающая трубочка; 4 — вена; 5 — артерия; 6 — артериола; 7 — капсула Шумлянского—Боумана

почки и представляют собой микроскопические чашечки из двух слоев эпителиальных клеток, между которыми имеются щелевидные пространства, откуда начинаются почечные канальцы. Внутри капсулы располагается клубочек кровеносных капилляров, образующийся в результате многократного ветвления *п р и н о с я щ е й почечной артерии* (доставляет кровь в почки). Почечная артерия отходит от аорты, и поэтому давление в ней очень велико. За 4—5 мин через почки профильтровывается вся кровь организма человека. Пройдя через капиллярные клубочки капсул Шумлянского—Боумана, кровь собирается в *о т в о д я щ и е* сосуды, диаметр которых приблизительно в 2 раза меньше, чем у приносящих сосудов. Выходя из капсул, сосуды вновь разветвляются, оплетая каналец своего нефрона. Из них кровь попадает в венозные сосуды, собирающиеся в *почечную вену*, по которой кровь уходит из почки. Каналец, отходящий от капсулы, называется *извитым канальцем 1-го порядка*. Он проходит по мозговому слою, формируя так называемую *петлю Генле*, затем возвращается в корковый слой, образуя в нем *извитой каналец 2-го порядка*. Этот каналец впадает в *собирающую трубочку*. Собираательные трубочки многих нефронов объединяются, образуя *выводные протоки*, открывающиеся в *почечную лоханку* на верхушках *почечных пирамид*.

РАБОТА ПОЧЕК

В связи с тем что диаметр приносящих почечных артерий значительно больше, чем выносящих, давление крови в клубочках капилляров капсул нефронов относительно высокое и достигает 70—75 мм рт. ст. За счет этого давления осуществляется фильтрация плазмы крови, и в полость капсулы Шумлянского—Боумана неизбирательно выходят вещества с молекулярной массой меньше 68 000. Образовавшийся при этом раствор называется *первичной мочой*.

По составу первичная моча достаточно близка к лишенной белков плазме крови. У здорового человека белки из-за большого размера молекул не могут попасть в просвет капсулы. Первичная моча содержит мочевины, сахара, витамины, минеральные соли, аминокислоты, пептиды. Большая часть компонентов первичной мочи необходима организму и не должна из него удаляться. За сутки у взрослого человека во всех нефронах образуется 200 л первичной мочи. Из просвета капсул первичная моча движется по извитому канальцу, стенки которого способны к обратному всасыванию — *реабсорбции* — большинства веществ, содержащихся в первичной моче.

В процессе реабсорбции из первичной мочи обратно в кровь, проходящую по оплетающим извитые канальцы капиллярам, поступают вода, соли натрия и калия, глюкоза, витамины, аминокислоты и т. п. Процессы обратного всасывания сложны и многообразны: одни вещества возвращаются в кровь без затрат энергии — за счет осмоса и диффузии; реабсорбция других веществ требует больших энергетических затрат.

Помимо обратного всасывания в кровь, в канальцах происходит так называемая *секреция* — удаление из крови в мочу ряда веществ: калия, некоторых лекарственных препаратов и т. п. В результате концентрирования в канальцах из первичной мочи образуется *вторичная моча*, которая содержит 98% воды; 1,8% мочевины; 0,2% мочевой кислоты и небольшое количество минеральных солей. За сутки у здорового человека образуется 1,7—2,0 л вторичной мочи. Специалисты по физиологии выделительной системы подсчитали, что в течение жизни средний мужчина выделяет 39 000 л мочи, а женщина — около 43 000 л.

Если человек питается преимущественно мясной пищей, моча будет кислой, а если в большей степени растительной, то реакция мочи сдвигается в щелочную сторону.

По собирательным трубочкам вторичная моча направляется в *почечные лоханки* и далее по *мочеточникам* в мочевой пузырь. *Мочевой пузырь* — полый гладкомышечный орган с толстыми стенками, расположенный в нижней

части таза между прямой кишкой и лобковыми костями. Стенки мочевого пузыря растягиваются, когда он постепенно наполняется мочой, и сокращаются, когда происходит мочеиспускание.

Из почек по мочеточникам в мочевой пузырь постепенно перемещаются небольшие порции мочи, но желание опорожнить мочевой пузырь возникает лишь когда в нем накапливается около 0,5 л мочи. У маленьких детей мочеиспускание происходит рефлекторно благодаря тому, что в центральную нервную систему идет сигнал от рецепторов, свидетельствующий о том, что стенки пузыря растянуты и, следовательно, накопилось много мочи. Сигнал, приходящий из нервной системы, заставляет стенки пузыря сократиться и избавиться от мочи. В процессе взросления ребенка этот рефлекс становится подконтрольным высшим центрам мозга, и мочеиспускание делается произвольным.

Мочеиспускание начинается с расслабления сфинктера мочевого пузыря, расположенного между мочевым пузырем и мочеиспускательным каналом. Стенки пузыря сокращаются, и моча под давлением поступает в мочеиспускательный канал. Дополнительное давление создается напряжением мышц живота. У мужчин мочеиспускательный канал гораздо уже и длиннее, чем у женщин, поэтому опасность заполучить инфекционное заболевание мочевыводящих путей у женщин гораздо выше. Процессы образования мочи требуют больших энергетических затрат — около 10% всей энергии организма.

10.4

РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЧЕК

В клетках почек образуются также физиологически активные вещества, влияющие на работу самих почек, а также на деятельность других систем организма. Одно из таких веществ — *ренин*, под действием которого образуется гормон ангиотензин II. Этот гормон, сужая сосуды, резко повышает давление крови, особенно во внутренних органах и коже, что усиливает реабсорбцию натрия из первичной мочи в кровь.

Кроме ренинангиотензиновой системы существуют и другие механизмы нервной и гуморальной регуляции работы почек. Симпатические влияния приводят к сужению сосудов почек, и фильтрация уменьшается; парасимпатические влияния, напротив, усиливают кровоток в почках.

В клетках гипоталамуса образуется гормон *вазопрессин*, или *антидиуретический гормон* (АДГ). Он накапливается в задней доле гипофиза и оттуда поступает в кровь, попадая с ней в почки. Действие АДГ особенно важно при нехватке воды в организме: этот гормон усиливает обратное всасывание во-

ды в извитых канальцах, уменьшая объем вторичной мочи и, следовательно, потери воды. Мощное воздействие на работу почек оказывает гормон коры надпочечников *альдостерон*, способствующий сохранению натрия и удалению калия из организма.

10.5

ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ВЫДЕЛЕНИЯ

Одно из наиболее часто встречающихся заболеваний органов выделения — *камни* в почках и мочевыводящих путях. Камни — это твердые тела, которые могут образовываться в почках или мочевом пузыре. Они приводят к возникновению болей, кровотечениям, воспалению, нарушениям оттока мочи. Процесс образования камней называют ***мочекаменной болезнью***. Мочекаменная болезнь — это проявление нарушения обмена веществ. Камни появляются в тех случаях, когда моча перенасыщена солями или в ней не хватает компонентов, препятствующих образованию этих твердых тел.

Чаще всего камни состоят из солей кальция. Они сильно различаются по величине: от песчинок до заполняющих всю почечную лоханку (рис. 10.4). Если камни очень маленькие, то лечения обычно не требуется и они выходят с мочой, но если камень сам не может выйти из организма, его приходится извлекать хирургическим путем или дробить ультразвуковыми волнами, которые испускает специальный аппарат — *литотриптор* (рис. 10.5). Если же камень или камни не удалить вовремя, то они могут заблокировать отток мочи из почек и вызвать их воспаление или даже повысить давление в почке настолько, что она повреждается.



Рис. 10.4. Почечные камни

Как предупредить образование камней в почках и мочевыводящих путях?

Меры зависят от состава камней (фосфатные, оксалатные и др.) и в конечном итоге сводятся к уменьшению со-

держания в крови тех веществ, из которых образуются камни.

Очень опасна для жизни человека ***острая почечная недостаточность*** — быстро нарастающее снижение способности почек очищать кровь от продуктов обмена, например мочевины. Причиной острой почечной недо-

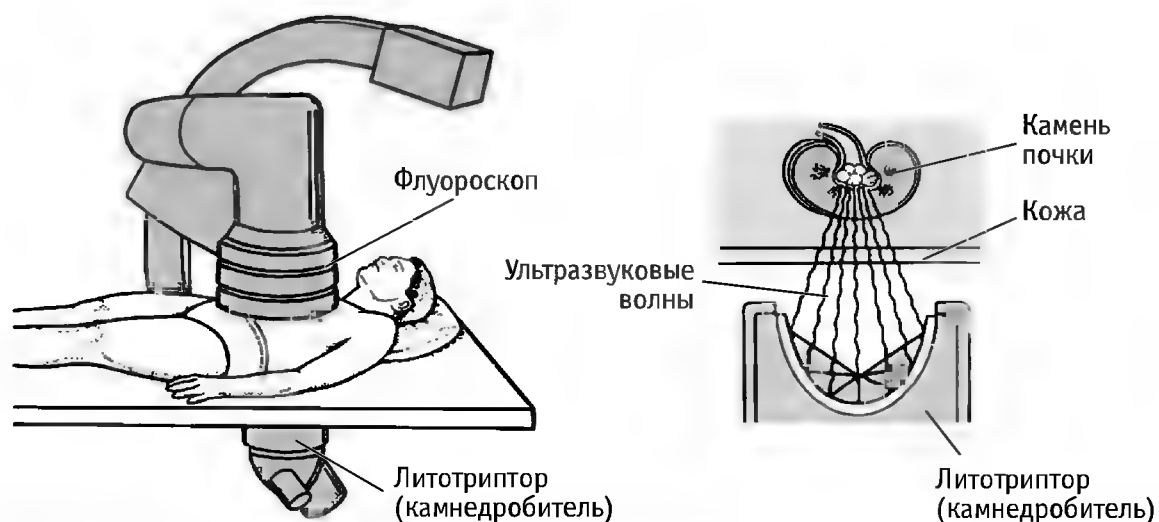


Рис. 10.5. Схема разрушения камня в почечной лоханке при помощи литотриптора

статочности могут быть повреждение почек, нарушение их кровоснабжения, почечные камни, отравление и др.

Довольно часто встречаются воспаления почек, называемые **нефритами**. Чаще всего нефриты вызваны инфекцией. Бактериальное воспаление почек называют **пиелонефритом** и вызывает его чаще всего (в 90% случаев) наш симбионт, живущий в толстом кишечнике, — кишечная палочка. Кишечная палочка может проникнуть в мочевой пузырь, а оттуда — в почки. Пиелонефрит чаще встречается у тех людей, у которых по какой-то причине нарушен отток мочи из почек (камни, увеличение предстательной железы). Обычно это заболевание лечат антибиотиками, и при правильном выборе лекарства выздоровление наступает через 2—3 недели.

Еще одним заболеванием органов выделения является **цистит** — воспаление мочевого пузыря. У здорового человека моча стерильна, но бактерии могут попадать в мочевой пузырь по мочеиспускательному каналу и вызывать инфекционный процесс. Как уже отмечалось, у женщин цистит возникает гораздо чаще. Лечат цистит антибиотиками.

Жить без почек или с неработающими почками невозможно. И если вылечить болезнь почек не удастся, приходится прибегать к пересадке донорской почки. Первую операцию по трансплантации человеческой почки провел в 1950 г. американец Р. Лоулер.

Донорских почек для пересадки всегда не хватает, и пациентам, ожидающим своей очереди, обеспечивают очищение при помощи аппарата «искусственная почка». Часто больную неработающую почку не удаляют, оставляя на своем месте, а донорскую располагают ниже — в брюшной полости. Более 90% людей, которым пересадили почку, возвращаются к нормальной жизни в течение трех месяцев после операции. Сейчас среди нас живут люди, которым «чужая» почка верно служит более двух десятков лет.

11

КОЖНЫЕ ПОКРОВЫ ЧЕЛОВЕКА

11.1

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КОЖИ

Без большого преувеличения можно сказать, что каждый человек одет в костюм, прекрасно подогнанный по фигуре и сделанный из идеального материала, защищающего наше тело от инфекций и механических повреждений, жары и холода. Мало того, датчики, встроенные в этот материал, улавливают малейшие прикосновения, изменения температуры, предупреждают владельца костюма о слишком сильных, а потому опасных воздействиях. Этот идеальный костюм — наша кожа. Площадь кожи среднего человека составляет около $1,7\text{—}2,0\text{ м}^2$, а весит вся наша кожа около 3 кг. Толщина кожи колеблется от 0,5 мм на внутренних поверхностях предплечий до 5 мм на подошвах ног.

Кожа состоит из **д в у х** **с л о е в**: эпидермиса и дермы (собственно кожи) (рис. 16 цв. вкл.).

Э п и д е р м и с образован несколькими десятками слоев эпителиальных клеток, толщина его составляет 0,1—2,5 мм. Клетки нижних слоев эпидермиса непрерывно делятся. Молодые клетки постепенно наполняются плотным веществом — *кератином*. Поскольку в нижних слоях образуются новые клетки, то клетки вышележащих слоев постепенно продвигаются к поверхности кожи, достигая ее уже мертвыми, ороговевшими. Мертвые клетки постоянно слущиваются, их место занимают ороговевающие клетки нижних слоев живых клеток. В среднем за один год жизни человек теряет, главным образом во время мытья, до 700 г кожных частичек.

Наиболее толстый слой эпидермиса развивается в тех местах кожного покрова, которые подвергаются наибольшему внешнему воздействию: самый толстый слой эпидермиса — на подошвах и ладонях, а самый тонкий — на веках.

В живых клетках эпидермиса — *меланоцитах* — вырабатывается пигмент *меланин*, придающий коже темный оттенок и защищающий организм от вредного воздействия ультрафиолета. Поглощая энергию солнечного света, меланин темнеет — человек загорает. Чем темнее у человека кожа, тем выше содержание меланина в эпидермисе. Так как меланин вместе с меланоцитами переносится к поверхности кожи и слущивается с мертвыми клетками, то и загар постепенно сходит на нет. У некоторых людей меланоциты в коже располагаются группами, что приводит к появлению под действием ультрафиолета темных пятнышек — веснушек. Существует наследственное отклонение от нормы, проявляющееся в отсутствии меланина в коже. Такие люди называются *альбиносами*. У них бледная кожа, белые волосы и красноватая радужка глаз. Естественно, что кожа альбиносов особо страдает от солнечных ожогов и им приходится избегать воздействия прямых солнечных лучей.

Д е р м а, или собственно кожа, состоит из двух слоев соединительной ткани: *сосочкового* (более рыхлого) и *сетчатого* (более плотного). В дерме находятся большое число гладкомышечных волокон, а также переплетенные волокна белков — *коллагена* и *эластина*. Благодаря этому кожа человека пластична и упруга. Дерму пронизывают тысячи мельчайших кровеносных сосудов. Кровь, текущая по этим сосудам, снабжает кожу питательными веществами, кислородом и уносит продукты обмена. В случае повреждения кожи быстро образуется сгусток крови, покрывающий рану и защищающий организм от попадания в него инфекционных агентов.

При похолодании сосуды кожи рефлекторно сужаются, кровоток в коже уменьшается и потери тепла снижаются. При высоких температурах окружающего воздуха расширение сосудов кожи и увеличение выделения и испарения пота являются важнейшими механизмами теплоотдачи, предохраняющими организм человека от перегрева.

Изменение кровотока в коже приводит к изменению ее цвета. Когда малые сосуды кожи перекрываются при сильных эмоциональных переживаниях, например при испуге, то кожа бледнеет. Когда же человек сердится, приток крови к коже увеличивается и происходит ее покраснение. От холода кожа синеет потому, что приток крови к коже ослабевает и большая часть кислорода из крови переходит в ткани. Кровь становится венозной, а венозная кровь темнее артериальной; просвечивая сквозь кожу, она придает ей голубоватый оттенок.

В дерме располагаются *р е ц е п т о р ы*, позволяющие ощущать прикосновения, тепло, холод, боль. Больше всего в коже *болевых* рецепторов — более миллиона. В верхних слоях дермы находятся рецепторы, ощущающие *легкое давление* на кожу. Их называют *тельцами Майсснера*. Немного глубже расположены рецепторы, воспринимающие *тепло* — *тельца Руффини* и *холод* — *тельца Краузе*; еще глубже — рецепторы, ощущающие *сильное*

давление, — *тельца Пачини*. Рецепторов, воспринимающих давление на кожу (рецепторы *прикосновения*, или *тактильные*), — около 500 тыс., ощущающих холод — около 250 тыс., а тепло — лишь около 30 тыс. Наиболее чувствительна к внешним воздействиям кожа губ, носа, век, а наименее — кожа спины, подошв.

При очень сильных воздействиях на кожу — температурных, механических или иных — любые рецепторы превращаются в болевые, передавая в мозг сигналы о том, что они подверглись сильному воздействию, которое может быть опасным для всего организма, а значит, нужно принимать срочные меры.

В дерме на границе с подкожной клетчаткой располагается около 3 млн **потовых желез**. Больше всего их на ладонях, в подмышечных и паховых складках. Потовые железы представляют собой длинные неразветвленные трубочки, начальный конец которых скручен в клубочек. По составу пот близок к моче и состоит из воды (98%), мочевины, аммиака, хлористого натрия. Количество пота, выделяемого человеком, сильно колеблется, достигая в жаркие дни 3 л в сутки. Потовые железы не только выполняют выделительную функцию, но и играют важнейшую роль в поддержании постоянной температуры тела у человека. Около 80% тепла, образующегося в организме при окислении различных веществ и при сокращении мышц, выделяется во внешнюю среду через кожу.

Волосы и ногти состоят в основном из белка *кератина*. Этим же белком образованы шерсть, рога и копыта животных. Сами по себе и волосы, и ногти лишены болевой чувствительности, но если дернуть за волосы, то болевые рецепторы кожи сразу же среагируют и боль может быть довольно сильной.

Волосы покрывают тело эмбриона в период внутриутробного развития, однако к моменту рождения они остаются только на голове, в виде бровей, ресниц. И этот первородный пушок постепенно заменяется на обычные волосы.

Волосы формируются в *волосяных фолликулах*. На теле человека мирно уживаются два типа волос. *Тонкие пушковые* волосы растут по всему телу, кроме подошв ног и ладоней рук. А более *толстые окрашенные* волосы располагаются на голове, образуют брови, бороду, растут в области наружных половых органов. Волосы развиваются из корней, а корни располагаются на дне особых впадин в коже — *волосяных сумок*, или *волосяных фолликулов* (см. рис. 16 цв. вкл.). Фолликулы содержат *сальные железы*, выделяющие микроскопические количества кожного сала, необходимого для смазывания волос и кожи. В каждом фолликуле есть также и очень маленькая мышца, способная приподнимать волос. Если человеку холодно или он испытывает сильные эмоции (например, сильно испугался), то эти рудименты мышц сокращаются, волоски приподнимаются, приподнимается и кожа вокруг волосков, образуя так называемую «гусиную кожу».

В среднем у человека на голове находится около 100 тыс. волос. Однако самыми «волосатыми» являются блондины — у них 140 тыс. волос на голове, у шатенов — 110 тыс., у брюнетов — 102 тыс., а у рыжеволосых — только 88 тыс. Зато у блондинов волосы самые тонкие, а самые толстые — черные волосы брюнетов. Несмотря на то что волос человека всего в 20 раз толще паутины и имеет сечение в $0,002 \text{ мм}^2$, он выдерживает груз в 100 г. А целая девичья коса крепче всякого каната такого же сечения, она выдерживает груз в 20 т.

Клетки корней волос очень быстро делятся, производя кератин. В результате волосы на голове подрастают в месяц на 1,25 см. Но волос не может расти непрерывно, и каждые 5—6 месяцев он вступает в фазу покоя и некоторое время не растет. Именно эти волосы и вылезают при мытье головы или причесывании. Фолликулы при этом не повреждаются, и по завершении фазы покоя нормальный рост волос возобновляется. Помимо клеток, вырабатывающих кератин волосяного стержня, в фолликулах также имеются меланоциты, вырабатывающие пигмент меланин. По мере старения организма меланина образуется меньше, и волосы седеют. В период полового созревания у юношей волосы начинают расти на лице, а нередко — на груди и спине. Этот тип волосяного покрова относят ко *вторичным половым признакам* мужчин. У мужчин волосяной покров на теле развит лучше, чем у женщин. Зато женщины не лысеют, а мужчины могут очень быстро потерять свою красивую шевелюру. Одна из главных причин облысения — повышенная выработка мужского полового гормона *тестостерона*, а значит, лысым мужчинам стыдиться и переживать не из-за чего. Существует мнение о том, что в холодную погоду ходить с непокрытой головой полезно для волос. Однако это совсем не так. От холода сосуды кожи головы сужаются, нарушая приток крови к волосяным фолликулам, что способствует потере волос.

Ногти — это ороговевшие кожные образования. Нижняя часть ногтя, которая погружена в кожу, называется *корнем*, а видимая часть — *телом* ногтя. Ногти выполняют защитную функцию, прикрывая самые чувствительные части наших пальцев. На руках ногти растут гораздо быстрее, чем на ногах: соответственно 0,09 мм и 0,05 мм в сутки.

К производным кожи относятся и **молочные железы**. Каждая из двух желез состоит из 15—20 видоизмененных потовых желез, преобразовавшихся в дольки молочной железы. У мужчин они остаются рудиментами, а у женщин формируют молочные железы в период полового созревания. Во время беременности эти железы увеличиваются для того, чтобы после рождения ребенка обеспечить его самой ценной пищей на Земле.

Под собственно кожей расположена *подкожная жировая клетчатка*. Она образована рыхлой соединительной тканью и может содержать значительные жировые отложения. Толщина ее сильно варьирует на различных участках тела человека, достигая наибольшей величины на бедрах,

ягодицах и животе. Жир не только защищает организм от переохлаждения, но и служит резервом на случай больших энергетических затрат.

Кожа выполняет целый ряд функций:

1) *защитную* — препятствует проникновению в организм болезнетворных агентов (бактерий, простейших, микроскопических грибов), предохраняет ткани тела от механических повреждений, а также от потерь воды;

2) *чувствительную* — обеспечивает ощущение прикосновения, боли, изменения температуры окружающей среды и др.;

3) *выделительную* — делает возможным удаление из организма ряда метаболитов вместе с потом и кожным салом;

4) *запасающую* — обеспечивает сохранение основных запасов жира организма в подкожной жировой клетчатке;

5) *терморегулирующую* — регулирует теплоотдачу.

11.2

КОЖНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Кожа постоянно подвергается разнообразным внешним воздействиям и далеко не всегда эти воздействия для нее полезны. Закупорка сальных и потовых желез приводит к накоплению в них кожного сала и пота, в которых могут поселяться бактерии, микроскопические грибы и иные наши «недрузи». В результате возникают *гнойники, фурункулы, прыщи* и другие повреждения кожных покровов. Наиболее распространенные грибковые заболевания кожи — **дерматомикозы**, а слизистых оболочек — **кандидозы**.

Самыми частыми вирусными заболеваниями кожи являются **бородавки**, которые могут появляться в самых неожиданных местах, например под ногтями. Иногда их приходится удалять хирургическим путем. Нередко первичной причиной заболеваний кожи являются *авитаминозы*. Еще одна частая причина поражений кожи — *аллергическая реакция* на различные чужеродные вещества: клубнику, шоколад, косметику и др. Заболевание, при котором воспаляются волосяные фолликулы, пораженные стафилококками, называется **фурункулезом**. Скопления фурункулов называют *карбункулами*. Часто фурункулы и карбункулы появляются у людей, иммунитет которых ослаблен в результате каких-либо иных заболеваний. В месте повреждения кожи иногда может возникнуть **рожа** — заболевание, возбудителем которого является стрептококк. Для лечения рожи необходимо применять антибиотики.

Самым надежным средством профилактики кожных заболеваний является личная гигиена.

12

ЖЕЛЕЗЫ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ

Железами внутренней секреции, или *эндокринными*, называют те железы, которые не имеют выводящих протоков и выделяют физиологически активные вещества (*гормоны*) непосредственно во внутреннюю среду организма — в кровь (рис. 12.1). Вместе с нервной системой эндокринная система обеспечивает приспособление организма к условиям внешней среды. Нервная система организована таким образом, что генетически predetermined, каким именно органом или его частью управляет каждый отдельный нейрон. А вот гормоны, передвигаясь по всему организму с током крови, воздействуют на все органы и ткани, на клетках которых есть рецепторы к этим гормонам. Если нервная система осуществляет свои влияния практически мгновенно, то эндокринная развивает свои воздействия на организм медленнее, но и продолжительность их может быть, в отличие от нервных воздействий, очень значительной.

Гормоны — это вещества различных классов (аминокислоты и их производные, пептиды, белки, стероиды и др.), которые обычно вырабатываются и выделяются специализированными железами. Хотя, например, множество гормонов синтезируется в гипоталамической области промежуточного мозга. Так что гипоталамус является *нейроэндокринным* органом. Да и в клетках других тканей могут вырабатываться гормоны, которые, выделяясь в кровь, достигают клеток-мишеней, регулируя их работу. Например, гормоны вырабатывают лимфоциты крови, клетки сердечной мышцы, клетки слизистой оболочки кишечника. Вся деятельность эндокринной системы находится под контролем нервной системы, хотя и нервная система постоянно контролируется эндокринной системой.

Вещество, относящееся к гормонам, должно соответствовать следующим критериям:

- 1) выделяться из живых клеток, причем без нарушения их целостности;
- 2) не служить источником энергии;

3) попадать в кровь в очень малых количествах;

4) поступать непосредственно в кровь, без выводных протоков;

5) действовать на органы-мишени через специфические рецепторы.

Одни гормоны оказывают непосредственное регуляторное действие на какой-то орган, а другие могут обладать *программирующим эффектом*, т. е. в определенный момент жизни организма изменять клетки каких-либо тканей на все последующее время их жизни. Например, в период полового созревания целый ряд клеток меняют под действием гормонов свою форму и функции и остаются такими на все дальнейшее время существования организма.

Рецепторами к гормонам служат *белки*. Одни из них расположены на наружной мембране клетки. Когда молекула гормона связывается с таким рецептором, то запускается целый каскад химических реакций в клетке, и ее состояние меняется. Таким механизмом действия обычно обладают белково-пептидные гормоны. Эта разновидность рецепции называется *мембранной*. Другая разновидность рецепции — *ядерная*. Гормоны с такой рецепцией (например, половые гормоны) должны попасть внутрь клетки, войти в ее ядро и там воздействовать на определенные участки ДНК (т. е. гены), приводя к синтезу каких-либо белков или, наоборот, тормозя синтез белков. Эффекты гормонов с ядерной рецепцией развиваются медленно, но зато они очень долго сохраняются.

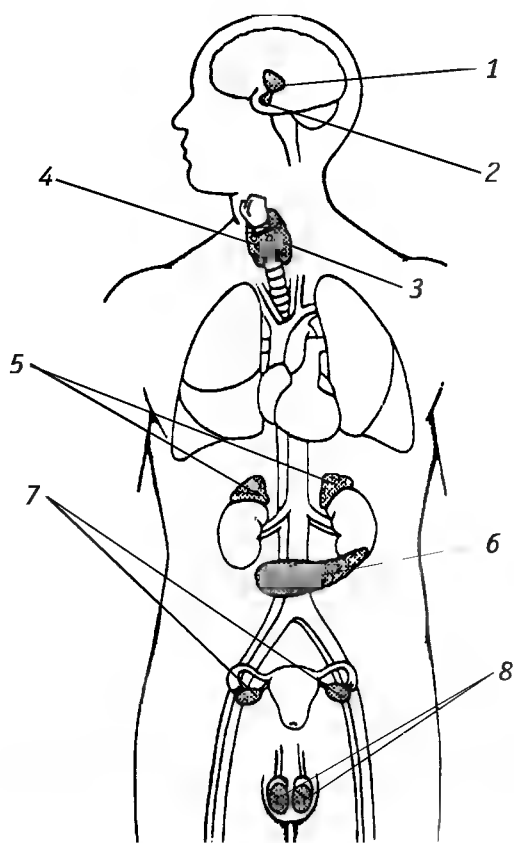


Рис. 12.1. Основные железы внутренней секреции:

1 — гипоталамус; 2 — гипофиз; 3 — паращитовидные железы; 4 — щитовидная железа; 5 — надпочечники; 6 — поджелудочная железа; 7 — яичники (женщина); 8 — яички (мужчина)

12.1

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ГИПОФИЗА

Гипофиз — нижний мозговой придаток, связанный тонкой ножкой с гипоталамусом. Масса гипофиза около 0,5 г. Располагается он в особой костной выемке — *турецком седле*. Анатомически и функционально гипофиз делит-

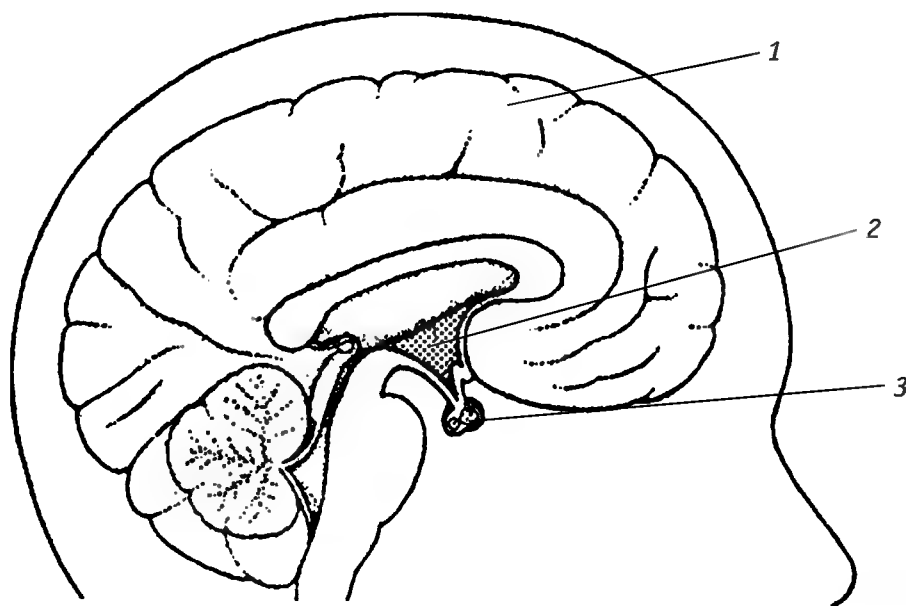


Рис. 12.2. Гипофиз, расположение в черепной коробке:

1 — мозг; 2 — гипоталамус; 3 — гипофиз

ся на три доли: переднюю, промежуточную и заднюю (рис. 12.2). В *передней доле* гипофиза синтезируются и выделяются в кровь пептидные гормоны, управляющие деятельностью других эндокринных желез.

Выделение всех гормонов передней доли находится под контролем *гипоталамуса* — отдела мозга, отвечающего за регуляцию внутреннего состояния организма. Нейроны гипоталамуса выделяют особые белковые вещества, которые, спускаясь с током крови по ножке в гипофиз, *стимулируют* выработку его передней долей того или иного гормона. Эти вещества называют *либери́нами*. Если же надо *за́тормозить* выработку и выброс в кровь какого-либо гормона, то в гипоталамусе вырабатывается вещество с противоположным действием, которое называют *стати́ном* данного гормона. Таким образом, отдел мозга **гипоталамус** и важнейшая эндокринная железа **гипофиз** работают как *единый механизм*, регулирующий состояние нашего организма.

ГОРМОНЫ ПЕРЕДНЕЙ ДОЛИ ГИПОФИЗА. Адренокортикотропный гормон (АКТГ), или **кортикотропин**, стимулирует деятельность коры надпочечников. В свою очередь выброс АКТГ управляется *кортиколибери́ном* — пептидом, вырабатываемым в гипоталамусе. Уже через несколько секунд после выброса АКТГ в кровь реагирует кора надпочечников, начиная усиленно синтезировать гормоны, необходимые для приспособления организма к неблагоприятным условиям окружающей среды. Больше всего АКТГ выделяется гипофизом в кровь в утренние часы во время пробуждения, подготавливая организм к активной деятельности в течение дня. Выброс АКТГ усиливается также при любых неблагоприятных воздействиях: голоде, болевых раздражителях, испуге.

При избытке АКТГ развивается *синдром Кушинга*: разрастается кора надпочечников, происходит ожирение, появляются головные боли, истерии и т. д.

Тиреотропный гормон (ТТГ) стимулирует синтез гормонов щитовидной железы. Выброс ТТГ контролируется *тиреолиберин*ом — пептидом, который вырабатывается в гипоталамусе.

Гонадотропины (лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормоны) управляют деятельностью половых желез. Они усиливают образование мужских и женских половых гормонов в мужских и женских половых железах, стимулируют рост семенников, рост *фолликулов* (см. далее). Синтез и выброс гонадотропинов контролируется *люлиберин*ом — пептидом, который вырабатывается в гипоталамусе. Снижение секреции гонадотропинов наблюдается у девушек, подвергающих свой организм значительным физическим нагрузкам в период полового созревания. Чаще всего это спортсменки и начинающие балерины.

Уменьшение секреции люлиберина и гонадотропинов вызывает и употребление марихуаны. У женщин нарушается менструальный цикл, а у мужчин снижается уровень тестостерона и образуется меньше спермы. Причем патологические изменения исчезают только через 4—6 месяцев после прекращения употребления этого наркотика. Секреция гонадотропинов снижается также под действием длительного стресса.

Соматотропный гормон (гормон роста) воздействует не на какую-то одну эндокринную железу, а стимулирует выработку тканевых факторов роста в клетках многих тканей. В свою очередь эти тканевые факторы стимулируют рост всех частей организма. При недостатке соматотропного гормона у детей развивается гипофизарная *карликовость*, а при переизбытке — *гипофизарный гигантизм*. Самым высоким гипофизарным гигантом, рост которого был точно измерен, был американец Р. Ладлоу (286 см) (рис. 12.3). Если же избыток соматотропного гормона наблюдается у взрослого человека, когда нормальный рост уже прекратился, возникает заболевание *акромегалия*, при котором разрастаются нос, губы, пальцы рук и ног (рис. 17 цв. вкл.). Выработка соматотропина регу-



Рис. 12.3. Гипофизарный гигантизм

лируется пептидами гипоталамуса: стимулируется *соматолиберин*ом, а тормозится *соматостати*ном.

Последний гормон передней доли гипофиза — **пролактин** — стимулирует выработку молока у кормящих матерей и участвует в организации деятельности половых желез.

ГОРМОНЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ДОЛИ ГИПОФИЗА. В промежуточной доле гипофиза вырабатывается **меланоцитстимулирующий гормон (МСГ)**, функции которого изучены недостаточно, однако показано, что его избыток усиливает пигментацию кожи, она заметно темнеет.

ГОРМОНЫ ЗАДНЕЙ ДОЛИ ГИПОФИЗА. **Вазопрессин (антидиуретический гормон, АДГ)** и **окситоцин** являются пептидами и близки по химической структуре. Они вырабатываются в нейронах гипоталамуса, затем по ножке спускаются в заднюю долю гипофиза и оттуда могут поступать в кровь.

Основная функция вазопрессина — усиление обратного всасывания воды в почечных канальцах, что приводит к уменьшению общего объема мочи. Этот гормон принимает также важнейшее участие в поддержании постоянства внутренней среды организма. При его нехватке у человека развивается заболевание *несахарный диабет*, при котором организм теряет большое количество воды и некоторых солей.

Окситоцин стимулирует сокращение гладкой мускулатуры семявыводящих протоков и яйцеводов, а также играет важнейшую роль при родах, стимулируя сокращение мышц матки.

12.2

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Щитовидная железа расположена в передней стенке гортани. Состоит она из двух долей и перешейка, имеет массу от 25 до 40 г (рис. 18 цв. вкл.). Снаружи железа покрыта соединительной оболочкой. Собственно железа образована особыми пузырьками — *фолликулами*, в которых вырабатываются гормоны, содержащие иод, — **тироксин (тетраиодтиронин)** и **трииодтиронин**.

Гормоны щитовидной железы выполняют ряд функций. В о-первых, они являются *программирующими* гормонами, участвуя, например, в половом созревании различных животных и человека. Если головастика лягушки лишить этих гормонов, то он вырастет до гигантских размеров, но в лягушку превратиться не сможет. В о-вторых, эти гормоны усиливают обмен веществ, стимулируя клеточное дыхание, повышают секрецию сома-

тотропного гормона гипофиза. В - т р е т ь и х, гормоны щитовидной железы усиливают производство тепла организмом — *термогенез*.

Заболевания, связанные с нарушениями деятельности щитовидной железы, могут возникать не только при изменениях в самой железе, но и при нехватке в организме иода, а также заболеваниях передней доли гипофиза и др.

При снижении функций (г и п о ф у н к ц и и) щитовидной железы в детстве развивается **кретинизм**, характеризующийся торможением в развитии всех систем организма, малым ростом, слабоумием. У взрослого человека при нехватке гормонов щитовидной железы возникает **микседема**, при которой наблюдаются отеки, слабоумие, понижение иммунитета, слабость. Данное заболевание хорошо поддается лечению препаратами гормонов щитовидной железы. При г и п е р ф у н к ц и и щитовидной железы возникает **базедова болезнь**, при которой резко возрастает возбудимость, интенсивность обмена веществ, частота сердечных сокращений, развивается пучеглазие (*экзофтальм*) и происходит потеря веса.

В тех географических зонах, где вода содержит мало иода (обычно это встречается в горах), у населения часто наблюдается **зоб** — заболевание, при котором секретирующая ткань щитовидной железы разрастается, но не может в отсутствие необходимого количества иода синтезировать полноценные гормоны. В таких районах потребление иода населением должно быть повышенным, что может быть обеспечено, например, использованием поваренной соли с обязательными небольшими добавками иодистого натрия.

В толще щитовидной железы или на ее поверхности располагаются маленькие **паращитовидные железы**. Обычно их ч е т ы р е. Они выделяют **паратгормон**, регулирующий обмен кальция в организме. При поражении этих желез наблюдается нехватка ионов кальция в крови, судороги, рвота и в итоге — смерть на фоне паралича дыхательной мускулатуры. При повышенной функции паращитовидных желез кости начинают терять Ca^{2+} , возникает мышечная слабость.

12.3

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Поджелудочная железа обладает с м е ш а н н о й с е к р е ц и е й: часть ее клеток выделяет ряд пищеварительных ферментов через протоки в двенадцатиперстную кишку (в н е ш н я я с е к р е ц и я), а скопления других клеток, называемые *островками Лангерганса*, выделяют гормоны *инсулин* и *глюкагон* непосредственно в кровь (в н у т р е н н я я с е к р е ц и я).

Непрерывное снабжение крови **инсулином** необходимо для того, чтобы глюкоза — основной источник энергии — могла свободно переходить из

плазмы крови в ткани, а ее избыток — откладываться в печени в виде полимера *гликогена*.

Для осуществления своей биологической миссии инсулин связывается с рецептором, расположенным в мембране клетки. Образовавшийся комплекс инсулин — рецептор меняет активность многих клеточных систем, и в результате количество специальных белков-переносчиков глюкозы возрастает в несколько раз, что приводит к увеличению скорости проникновения глюкозы из крови в клетку в 20—40 раз.

При нехватке инсулина развивается **сахарный диабет** — болезнь, при которой глюкоза не проникает в ткани, а ее уровень в плазме крови сильно возрастает, что влечет за собой выведение глюкозы из организма с большими объемами мочи. Но если в крови наблюдается избыток глюкозы, то ее катастрофически не хватает для питания мозга, ведь глюкоза — практически единственное его «горючее». Если больному диабетом не вводить инсулин извне, то лишение мозга глюкозы приводит к потере сознания, судорогам и быстрой смерти. Иногда у больного диабетом инсулин вырабатывается в достаточных количествах, но ткани организма теряют чувствительность к гормону и глюкоза опять-таки не может проникать из крови к местам ее использования.

Что происходит, когда поджелудочная железа вырабатывает слишком много инсулина?

Глюкоза очень быстро расходуется различными тканями, прежде всего мышцами, и содержание сахара в крови падает до опасно низкого уровня.

В результате мозгу не хватает «горючего» и человек впадает в так называемый **инсулиновый шок** и теряет сознание. Тут уж надо очень быстро вводить в кровь глюкозу.

Второй гормон поджелудочной железы — **глюкагон** — синтезируется в особых клетках островков Лангерганса и необходим для образования глюкозы из гликогена при нехватке ее в плазме крови. Таким образом, инсулин и глюкагон, оказывая противоположное действие на обмен углеводов, обеспечивают точное регулирование потребления организмом глюкозы.

12.4

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ НАДПОЧЕЧНИКОВ

Надпочечники — небольшие парные железы, расположенные на верхних полюсах почек. Состоят из двух слоев: коркового и мозгового.

Клетки наружного, коркового слоя вырабатывают три группы гормонов:

1) **глюкокортикоиды**, главным из которых является *кортизол*, стимулируют синтез гликогена из глюкозы, понижают уровень потребления глюкозы тканями, тормозят иммунный ответ, препятствуют воспалительным процессам;

2) **минералокортикоиды** (например, *альдостерон*) регулируют содержание Na^+ и K^+ в организме, усиливая обратное всасывание Na^+ в почечных канальцах и стимулируя выведение с мочой K^+ и H^+ ;

3) **предшественники половых гормонов**, главным образом мужских, участвуют в формировании вторичных половых признаков в качестве программирующих гормонов.

При недостаточном функционировании коры надпочечников возникает **аддисонова болезнь**, для которой характерны нарушения углеводного обмена, низкое кровяное давление, снижение веса, тошнота, усиление пигментации кожи.

Мозговой слой надпочечников вырабатывает **адреналин** и **норадреналин** и функционально входит в единую регуляторную систему с симпатическим отделом вегетативной нервной системы. В периоды, когда организм должен работать в большом напряжении (при травме, во время опасности, в условиях повышенного физического и умственного труда и т. п.), эти гормоны усиливают работу мышц, повышают содержание глюкозы в крови (для обеспечения возросших энергетических затрат мозга), усиливают кровоток в мозге и других жизненно важных органах, повышают уровень системного кровяного давления, усиливают сердечную деятельность и др. Таким образом, гормоны мозгового слоя надпочечников служат для обеспечения реакции организма на экстремальные воздействия или реакции на стресс.

12.5

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЭПИФИЗА

Эпифиз — маленькая красновато-бурая железа массой всего 0,15—0,20 г, расположенная между верхними буграми четверохолмия среднего мозга в особой полости черепа. С мозгом эпифиз соединен полой *ножкой*.

Функции эпифиза изучены недостаточно. В эпоху Возрождения эпифиз считали вместилищем души. Пока известен всего один гормон этой железы — **мелатонин**, под действием которого происходит торможение выброса половых гормонов и гормонов, усиливающих рост и обмен веществ.

У некоторых древних рептилий эпифиз выполнял функции «теменного глаза», и над ним возникало теменное отверстие в черепе. Кожа, покрываю-

щая это отверстие, была лишена пигментов. Очевидно, что у некоторых низших позвоночных клетки эпифиза служили фоторецепторами. Однако до сих пор не ясно, является ли эпифиз «попыткой создания» эволюционно нового органа — *третьего глаза* или, наоборот, рудиментом ранее успешно функционировавших органов, подвергшихся дегенерации. Во всяком случае, ни у одного из существующих в настоящее время животных «теменной глаз» не действует как орган зрения. У человека эпифиз также обладает светочувствительностью и участвует в регуляции суточных ритмов. Для этого по нервным путям в эпифиз поступает информация об уровне освещенности. У слепых людей эпифиз увеличен и выделяет больше мелатонина.

Под воздействием мелатонина происходят изменения в обмене черного пигмента — *меланина*, локализованного в коже, радужке и сетчатке глаза, в некоторых структурах мозга. В результате кожа светлеет, повышается чувствительность фоторецепторов сетчатки. Таким образом, по воздействию на обмен меланина мелатонин является антагонистом гормона гипофиза МСГ, вызывающего потемнение кожи.

Мелатонин может по-разному воздействовать на функции мозга. Так, его повышенное выделение в темное время суток может приводить к депрессии у лиц, вынужденных в это время активно работать. Увеличение уровня мелатонина в крови индуцирует сонливость, вялость, может вызвать длительный глубокий сон.

12.6

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ТИМУСА

Тимус (*вилочковая железа*) — небольшой лимфоидный орган, состоящий из двух долей, расположенный за грудиной. Тимус хорошо развит только в детском возрасте и практически исчезает в период полового созревания.

Неэндокринная функция тимуса заключается в том, что в нем созревают Т-лимфоциты, необходимые для обеспечения иммунитета, которые после созревания заселяют другие лимфоидные органы. Эндокринная функция тимуса состоит в том, что он выделяет в кровь пептидные гормоны *тимозин* и *тимопоэтины*, стимулирующие ростовые процессы и формирование иммунной системы.

В случае, если тимус продолжает активно функционировать у взрослого человека, могут развиваться аутоиммунные заболевания, при которых вследствие патологического усиления иммунитета наблюдается разрушение антителами собственных белков организма. К таким заболеваниям относятся *системная красная волчанка, миастения* и др.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ

Половые железы (*гонады*) являются железами *с м е ш а н н о й* — и внешней, и внутренней — *с е к р е ц и и*. Половые железы женщины — **яичники** — выделяют во внешнюю среду *яйцеклетки*, а во внутреннюю — гормоны **эстрогены** и **прогестины**. Половые железы мужчины — **семенники** — выделяют во внешнюю среду *сперматозоиды*, а во внутреннюю — гормоны **андрогены**.

Яичники выделяют в кровь *эстрадиол*, относящийся к эстрогенам индуктор *овуляции* (см. раздел 15.3), участвующий также в формировании вторичных половых признаков по женскому типу (развитие молочных желез, определенный тип телосложения и пр.). *Прогестерон*, относящийся к прогестинам, вырабатывается в *желтом теле*, которое образуется на месте лопнувшего *фолликула* (см. раздел 15.3). Прогестерон — это гормон беременности, он необходим для прикрепления (*имплантации*) зародыша к стенке матки. Прогестерон также тормозит созревание и овуляцию новых фолликулов на период беременности.

Семенники выделяют в кровь андрогены, основным из которых является *тестостерон*, выполняющий целый ряд функций. Он необходим для нормального формирования у эмбриона половой системы по мужскому типу, для развития мужских вторичных половых признаков (особенности волосяного покрова и развитие мускулатуры по мужскому типу, низкий голос, специфика обмена веществ и поведения и т. п.), обеспечивает постоянство *сперматогенеза* (см. раздел 15.2) и др. Более подробно работа семенников и яичников будет рассмотрена в главе 15, посвященной воспроизведению человеком себе подобных.

13 НЕРВНАЯ СИСТЕМА

13.1

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА

Нервная система — одна из главных систем, делающих наш организм не просто суммой миллиардов клеток, а уникальным единым организмом. Нервная система регулирует и координирует работу всех других систем и органов, поддерживает постоянство внутренней среды организма и позволяет человеку успешно выживать в непростых, постоянно меняющихся условиях внешней среды. Конечно, нервная система справляется с этими задачами не в одиночку. Важнейшими системами, обеспечивающими целостность нашего организма, являются также *эндокринная* и *иммунная*. Все эти системы неразрывно связаны между собой и работают как единый центр управления жизнедеятельностью организма. Недаром, объясняя, как работают железы внутренней секреции, приходится говорить о нейроэндокринной системе. Работа иммунной системы также во многом определяется нервной и эндокринной регуляцией. Например, при нервно-психическом расстройстве — депрессии (см. далее) в первую очередь подавляется иммунитет и человек начинает страдать от самых различных болезней. Напротив, радостные известия способны резко активировать защитные механизмы иммунитета, творя в прямом смысле чудеса.

Тем не менее, говоря о регуляторных системах человеческого организма, в первую очередь имеют в виду нервную систему. Дело в том, что она первой успевает ответить на изменение ситуации и ее реакция является самой быстрой и адресной. Для нервной системы характерна точная направленность нервных импульсов, большая скорость проведения информации. Именно работа этой системы служит основой для психической деятельности человека, его мышления, речи, сложных форм поведения.

ПОНЯТИЕ О РЕФЛЕКСЕ

Работа нервной системы основана на рефлекторном принципе, т. е. она определенным образом реагирует на внешние и внутренние раздражители. *Рефлекс* — это адекватный ответ организма на раздражитель, осуществляемый через посредство нервной системы.

Во время рефлекторной реакции возбуждение распространяется по рефлекторной дуге (см. рис. 3.6 на с. 60). В состав рефлекторной дуги входит *рецептор*, воспринимающий раздражение. Часто рецептор является периферическим окончанием *чувствительного (афферентного)* нерва. По аксону *чувствительного нейрона* возбуждение попадает в центральную нервную систему и может распространиться непосредственно на *двигательный (эфферентный) нейрон* или же сначала на *вставочные нейроны*, а уже через них — на эфферентный нейрон. По аксону эфферентного нейрона возбуждение достигает *исполнительного органа*, чаще всего мышцы. В результате возбуждения деятельность этого органа изменяется, например мышца сокращается.

Рефлексы подразделяют на *соматические*, заканчивающиеся сокращением скелетных мышц, и *вегетативные*, в результате которых меняется работа внутренних органов. Примером наиболее простого соматического рефлекса может служить дуга *коленного рефлекса*, состоящая всего из двух нейронов — чувствительного и двигательного (афферентного и эфферентного) и не содержащая вставочных нейронов.

Рефлексы обладают рядом общих свойств. Их можно разобрать на примере рефлекса кашля.

Если у человека слабо раздражать рецепторы прикосновения в стенке глотки, то сначала неприятных ощущений не возникает. Однако постепенно в центральной нервной системе происходит суммация получаемых от рецепторов сигналов и возникает ответная рефлекторная реакция организма — кашель. Рефлексам свойствен так называемый *локальный знак*, т. е. место раздражения определяет место рефлекторной реакции. Например, при раздражении рецепторов глотки возникает именно кашель, а не подергивание конечностей.

Чем сильнее стимул, тем короче время рефлекса. Сила рефлекторной реакции также зависит от силы стимуляции. При слабом раздражении кашель небольшой, но при сильном воспалении в кашель вовлекаются не только мышцы глотки, но и мышцы грудной клетки, брюшного пресса, диафрагмы и даже конечностей.

Если интенсивность раздражения невелика и со временем не возрастает, то может развиваться *привыкание*, т. е. ослабление кашля. Если же сила раз-

дражения, наоборот, значительна, то в противоположность привыканию может развиваться *сенситизация* — повышение чувствительности к раздражителю. Например, при сильных болях в горле не только возникнет кашель, но будет также казаться, что болят шея, уши, зубы.

На формирование ответа организма на внешнее воздействие, т. е. на рефлекс, уходит определенное время. Его так и называют — *время рефлекса*.

Из чего складывается время рефлекса?

Во-первых, какое-то время уходит на изменение структуры рецептора под действием внешнего воздействия. Стукнул врач по коленному сухожилию молоточком, и время начало расходоваться на растяжение рецептора, изменение проницаемости для натрия мембраны рецепторной клетки и возникновение потенциала действия (см. главу 2). Время необходимо и на проведение нервного импульса в центральную нервную систему, на обработку пришедшей информации в спинном и головном мозге, на задержки проведения при синаптической передаче, на проведение нервного импульса из мозга к мышце и, наконец, на сокращение мышцы! Вот только тогда рефлексорная дуга замкнется, и нога слегка вздрогнет в коленке.

Опытный врач может оценить время рефлекса на глаз и сделать вывод о том, каково общее состояние возбудимости в организме пациента. Если же время рефлекса явно превышает среднюю норму, надо разбираться, в чем тут дело. Возможно, пациент просто сильно устал или выпил несколько рюмок спиртного. Ведь алкоголь резко замедляет рефлексорные реакции. Вот почему пьяный водитель — потенциальный преступник, так как его реакции сильно заторможены.

13.3

НЕРВНАЯ ТКАНЬ

Основа нервной системы — нервная ткань. Нервная ткань состоит из нервных клеток — *нейронов* и вспомогательных *нейроглиальных клеток*, или *клеток-спутниц*.

Нейрон — элементарная структурно-функциональная единица нервной ткани. Основные функции нейрона: генерация, проведение и передача нервного импульса, являющегося носителем информации в нервной системе.

Нейрон состоит из *тела* и *отростков*, причем эти отростки дифференцированы по строению и функциям (рис. 13.1). Длина отростков у различных нейронов колеблется от нескольких микрометров до 1—1,5 м. Длинный от-

росток (*нервное волокно*) у большинства нейронов имеет оболочку, состоящую из особого жироподобного вещества — *миелина*. Она образуется одним из типов нейроглиальных клеток — *олигодендронами*.

По наличию или отсутствию миелиновой оболочки все волокна делятся соответственно на *мякотные* (миелинизированные) и *безмякотные* (немиелинизированные). Последние погружены в тело специальной нейроглиальной клетки — *нейролеммоцита* (рис. 13.2).

Миелиновая оболочка имеет белый цвет, что позволило разделить вещество нервной системы на белое и серое. Тела нейронов и их короткие отростки образуют серое вещество мозга, а волокна — белое вещество. Миелиновая оболочка способствует изоляции нервного волокна. Нервный импульс проводится по такому волокну быстрее, чем по лишенному миелина. Миелин покрывает не все волокно: примерно на расстоянии в 1 мм в нем имеются промежутки — *перехваты Ранвье*, участвующие в быстром проведении нервного импульса.

Функциональное различие отростков нейронов связано с проведением нервного импульса. Отросток, по которому импульс идет от тела нейрона, всегда один и называется *аксоном*. Диаметр аксона практически не меняется на всем его протяжении. У большинства нервных клеток аксон — длинный отросток. Исключением являются нейроны чувствительных спинномозговых и черепных ганглиев, у которых аксон короче дендрита. Конец аксона может ветвиться. В некоторых местах (у миелинизированных аксонов — в перехватах Ранвье) от аксонов могут в перпендикулярном направлении отходить тонкие ответвления — *коллатерали*. Отросток нейрона, по которому импульс идет к телу клетки, — *дендрит*. Нейрон может иметь один или несколько дендритов. Дендриты, отходя от тела клетки, постепенно ветвятся под острым углом.

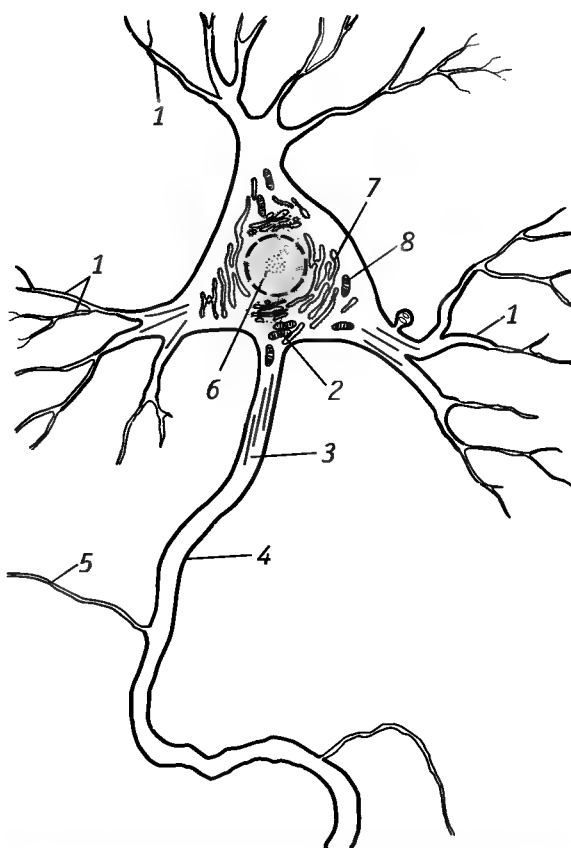


Рис. 13.1. Схема внешнего и внутреннего строения нейрона:

- 1 — дендриты и их отростки; 2 — комплекс Гольджи; 3 — микротрубочки; 4 — аксон;
- 5 — коллатерали аксона; 6 — ядро;
- 7 — гранулярная эндоплазматическая сеть;
- 8 — митохондрии

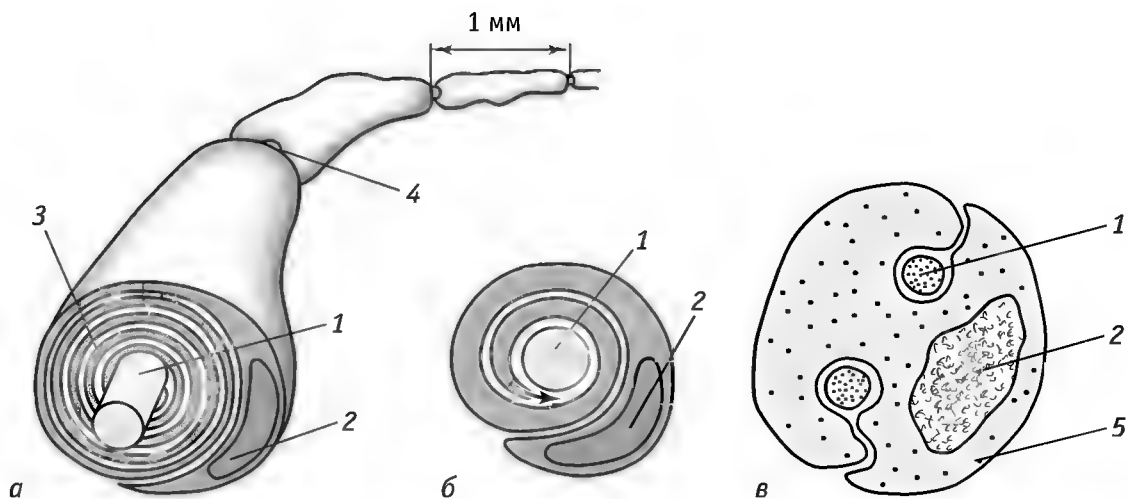


Рис. 13.2. Оболочки нервных волокон: *а* — миелиновая; *б* — образование миелиновой оболочки (*процесс наслоения показан стрелкой*); *в* — оболочка безмякотного волокна:

- 1 — аксон; 2 — ядро глиальной клетки; 3 — слои оболочки; 4 — перехват Ранвье;
5 — волокно, погруженное в тело нейролеммоцита

Скопления нервных волокон в ЦНС называются *трактами*, или *путями*. Они осуществляют проводящую функцию в различных отделах головного и спинного мозга и образуют там *белое вещество*. В периферической нервной системе отдельные нервные волокна собираются в *пучки*, окруженные соединительной тканью, в которой проходят также кровеносные и лимфатические сосуды. Такие пучки образуют *нервы* — скопления длинных отростков нейронов, покрытые общей оболочкой.

Если информация по нерву идет от периферических чувствительных образований — рецепторов — в головной или спинной мозг, то такие нервы называются *чувствительными*, *центростремительными* или *афферентными*. Чувствительные нервы — нервы, состоящие из дендритов чувствительных нейронов, передающие возбуждение от органов чувств к ЦНС. Если информация по нерву идет из ЦНС к исполнительным органам (мышцам или железам), нерв называется *центробежным*, *двигательным* или *эфферентным*. Двигательные нервы — нервы, образованные аксонами двигательных нейронов, проводящие нервные импульсы от центра к рабочим органам (мышцам и железам). В *смешанных нервах* проходят как чувствительные, так и двигательные волокна.

В том случае, когда нервные волокна подходят к какому-либо органу, обеспечивая его связь с ЦНС, принято говорить об *иннервации* данного органа волокном или нервом.

Тела нейронов с короткими отростками по-разному расположены относительно друг друга. Иногда они образуют достаточно плотные скопления, которые называются *нервными ганглиями*, или *узлами* (если они находятся

за пределами ЦНС, т. е. в периферической нервной системе) и *ядрами* (если они находятся в ЦНС). Нейроны могут образовывать *кору*; в этом случае они расположены *слоями*, причем в каждом слое находятся нейроны, сходные по форме и выполняющие определенную функцию (кора мозжечка, кора больших полушарий). Кроме того, в некоторых участках нервной системы (ретикулярная формация) нейроны расположены *диффузно*, не образуя плотных скоплений и представляя собой сетчатую структуру, пронизанную волокнами белого вещества.

Передача сигнала от клетки к клетке осуществляется в особых образованиях — *синапсах*. Это специализированная структура, обеспечивающая передачу нервного импульса с нервного волокна на какую-либо клетку (нервную, мышечную).

Как уже отмечалось в главе 2, химическими передатчиками сигнала в синапсах между клетками, т. е. *медиаторами*, могут быть различные вещества. На периферии нашего организма медиаторами чаще всего служат два вещества — *ацетилхолин* (нервно-мышечные синапсы и синапсы парасимпатического отдела вегетативной нервной системы) и *норадреналин* (синапсы симпатического отдела вегетативной нервной системы). А вот в центральной нервной системе возбуждение или, напротив, тормозный сигнал может передаваться с нейрона на нейрон при помощи многих медиаторов. Среди возбуждающих медиаторов чаще всего встречаются *ацетилхолин*, *норадреналин*, *дофамин*, *серотонин*, *глутамат*, среди тормозных — *гамма-аминомасляная кислота* и *глицин*. Но есть и довольно редко встречающиеся химические посредники, вырабатываемые в относительно малом числе нервных клеток. Считают, что медиаторами в нашем мозге являются не менее 35—40 различных веществ. Именно нарушение в выработке или распаде медиаторов является основной причиной множества нервных и психических расстройств.

Нейроны различаются по своим *функциям* и подразделяются на чувствительные, вставочные (релейные) и двигательные.

Чувствительные нейроны — это нервные клетки, воспринимающие раздражение из внешней или внутренней среды организма. *Двигательные нейроны* — моторные нейроны, иннервирующие мышечные волокна. Кроме того, некоторые нейроны иннервируют железы. Такие нейроны вместе с двигательными называют *исполнительными*.

Часть *вставочных нейронов* (*релейные*, или *переключательные, клетки*) обеспечивают связь между чувствительными и двигательными нейронами.

Все перечисленные нейроны формируют *совокупности* — нервные цепи и сети, проводящие, обрабатывающие и запоминающие информацию.

Общее направление эволюции ЦНС — увеличение числа вставочных нейронов. Из более чем ста миллиардов нейронов человека не менее 70% составляют именно вставочные нервные клетки.

Одной из особенностей нейронов является то, что после развития в эмбриональном периоде из клеток-предшественниц — *нейробластов* нейроны существуют не делясь, т. е. находясь постоянно в интерфазе. Это биологически оправдано, так как в течение всей жизни организма между нейронами постоянно образуются новые связи. Они утрачивались бы в случае деления нейрона, и, следовательно, терялся бы индивидуальный опыт особи, «записанный» на синапсах.

Необходимо также подчеркнуть высокую скорость обменных процессов в нервной ткани. Показателем этого в первую очередь является потребление ею кислорода. Установлено, что головной мозг человека, вес которого составляет 2—2,5% от веса тела, потребляет до 20% поступающего в организм кислорода.

Как уже отмечалось, в нервную ткань, кроме нейронов, входят и клетки — спутницы нейронов — **нейроглия**. Клетки нейроглии (*астроциты, олигодендроциты, микроглия*) заполняют все пространство между нейронами, защищая их от механических повреждений (*о п о р н а я ф у н к ц и я*). Их примерно в 10 раз больше, чем нейронов, и в отличие от них глиальные клетки сохраняют способность к делению в течение всей жизни. Кроме того, они образуют миелиновые оболочки вокруг нервных волокон. В ходе этого процесса *олигодендроцит* (в ЦНС) или его разновидность — *шванновская клетка* (в периферической нервной системе) обхватывает участок нервного волокна, формируя слои миелина (цитоплазма при этом выдавливается). Таким образом, слои миелина представляют собой по сути плотно спрессованную цитоплазматическую мембрану.

Нейроглия выполняет также *з а щ и т н у ю ф у н к ц и ю*. Она заключается, в о - п е р в ы х, в том, что глиальные клетки (в основном астроциты) вместе с эпителиальными клетками капилляров образуют барьер между кровью и нейронами, не пропуская к последним нежелательные (вредные) вещества. Такой барьер называют *гематоэнцефалическим*. В о - в т о р ы х, клетки микроглии выполняют в нервной системе функцию фагоцитов. Осуществляя *т р о ф и ч е с к у ю ф у н к ц и ю*, нейроглия снабжает нейроны питательными веществами, управляет водно-солевым обменом и т. п.

13.4

ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

По анатомическому принципу нервную систему делят на центральную и периферическую.

К **центральной нервной системе** относят *головной и спинной мозг*, защищенные мозговыми оболочками.

Периферическая нервная система — это *нервы, нервные узлы, нервные сплетения и нервные окончания*. Периферическую нервную систему человека составляют 12 пар черепных нервов, 31 пара спинномозговых нервов, чувствительные и вегетативные ганглии, нервные сплетения.

Нервные сплетения — это совокупность нервных волокон различных нервов, иннервирующих кожный покров, скелетные мышцы и внутренние органы. Кроме того, в нервное сплетение могут входить небольшие вегетативные ганглии. В зависимости от расположения нервные сплетения делят на *внутри- и внеорганные*. Одно из наиболее известных нервных сплетений — *чревное (солнечное)*.

По анатомо-функциональной классификации нервную систему условно подразделяют на соматическую и вегетативную. У каждой из них есть *центральная* (находящаяся в ЦНС) и *периферическая* (находящаяся за пределами ЦНС) части.

Соматическая нервная система регулирует работу скелетных мышц, осуществляя связь организма с внешней средой. С ее помощью мы можем *произвольно* (по собственному желанию) управлять деятельностью скелетной мускулатуры.

Вегетативная (автономная) нервная система регулирует работу внутренних органов. Она управляет активностью гладкой и сердечной мускулатуры, а также эндокринных желез, координируя их деятельность. Вегетативная нервная система руководит реакциями обмена веществ, поддерживая постоянство внутренней среды в организме человека. Сам человек, к счастью, не может произвольно «командовать» работой этой системы, т. е. она работает *непроизвольно*. Почему «к счастью»? Потому, что регуляция функций внутренних систем организма требует невероятной быстроты и точности реакции, и мы не смогли бы обеспечить постоянство внутренней среды, управляя организмом по своему разумению.

Основа нервной системы — *спинной и головной мозг*, развивающиеся в процессе онтогенеза из нервной трубки. Средняя масса головного мозга у взрослого человека составляет около 1,4 кг, хотя наблюдаются ее значительные колебания. Например, у американских индейцев объем головного мозга в среднем составляет 1275 см³, у эскимосов Гренландии — 1560 см³, у голландцев — 1380 см³, а у швейцарцев — 1470 см³. Однако никто не может утверждать, что эскимосы превосходят по умственному и культурному развитию жителей Нидерландов. Способности человека явно не определяются размерами его мозга. Крупный мозг был у писателя Ивана Тургенева (2012 г) и у физиолога Ивана Павлова (1653 г), а у великого французского писателя Анатоля Франса — всего 1200 г. Но нельзя сказать, что А. Франс писал хуже И. Тургенева. Самый же маленький мозг, обнаруженный у абсолютно нормального мужчины, имел массу 1100 г. В процессе

филогенеза мозг человека постепенно увеличивается. В 1860 г. средняя масса мозга мужчин в Европе составляла 1370 г, а сейчас — около 1420 г. Приблизительно на столько же увеличился и мозг женщин.

В мозге молодого человека насчитывается около 10 млрд нейронов и 90 млрд глиальных клеток. Работа мозга требует постоянного снабжения его кислородом и глюкозой. Перерыв в кровоснабжении мозга на десятки доли минуты приводит к потере сознания, а на 5 мин — к необратимым изменениям и смерти. Примерно с 30-летнего возраста у человека начинается процесс отмирания нейронов, причем за сутки погибает до одной тысячи нейронов. Следовательно, мозг столетнего человека содержит на одну треть меньше нейронов, чем мозг 18-летнего юноши. В этом нет ничего страшного, ведь человек обучается почти всему, что знает и умеет, до 30 лет, т. е. в тот период жизни, когда все его нейроны «живы и здоровы». Да и с оставшимися нейронами можно учиться, и даже очень успешно. Известно множество случаев, когда люди овладевали новыми для них специальностями, иностранными языками и т. п. и в 60, и в 70 лет. Однако у курящих людей, алкоголиков, наркоманов и особенно токсикоманов процессы деградации мозга начинаются раньше и темпы их во много раз выше, чем у здорового человека.

В мозге отсутствуют болевые рецепторы, так что при головных болях неприятные ощущения связаны с раздражением рецепторов мозговых оболочек, мышц шеи, глаз, кожи головы.

СПИННОЙ МОЗГ. Расположен в позвоночном канале и представляет собой тяж длиной 43—45 см и массой около 30 г (рис. 13.3). Верхняя часть спинного мозга переходит в нижний отдел головного мозга — продолговатый мозг; внизу спинной мозг заканчивается на уровне поясничных позвонков. Спинной мозг омывается спинномозговой жидкостью — *ликвором*. Передней и задней продольными бороздами он делится на две симметричные половины. На поперечном разрезе хорошо видно, что в центре спинного мозга вокруг *спинномозгового канала* находятся тела нейронов, образующие *серое вещество* спинного мозга. Вокруг серого вещества расположены отростки нервных клеток самого спинного мозга, а также приходящие в спинной мозг аксоны нейронов головного мозга и периферических нервных узлов, которые и образуют *белое вещество* спинного мозга.

На поперечном разрезе серое вещество похоже на бабочку; в нем различают передние, задние и боковые рога. В *передних рогах* расположены тела двигательных нейронов (*мотонейроны*), по аксонам которых возбуждение достигает скелетных мышц конечностей и туловища, заставляя их сокращаться. В *задних рогах* находятся главным образом тела вставочных нейронов, связывающих отростки чувствительных нейронов с телами двигательных нейронов, а также передающие информа-

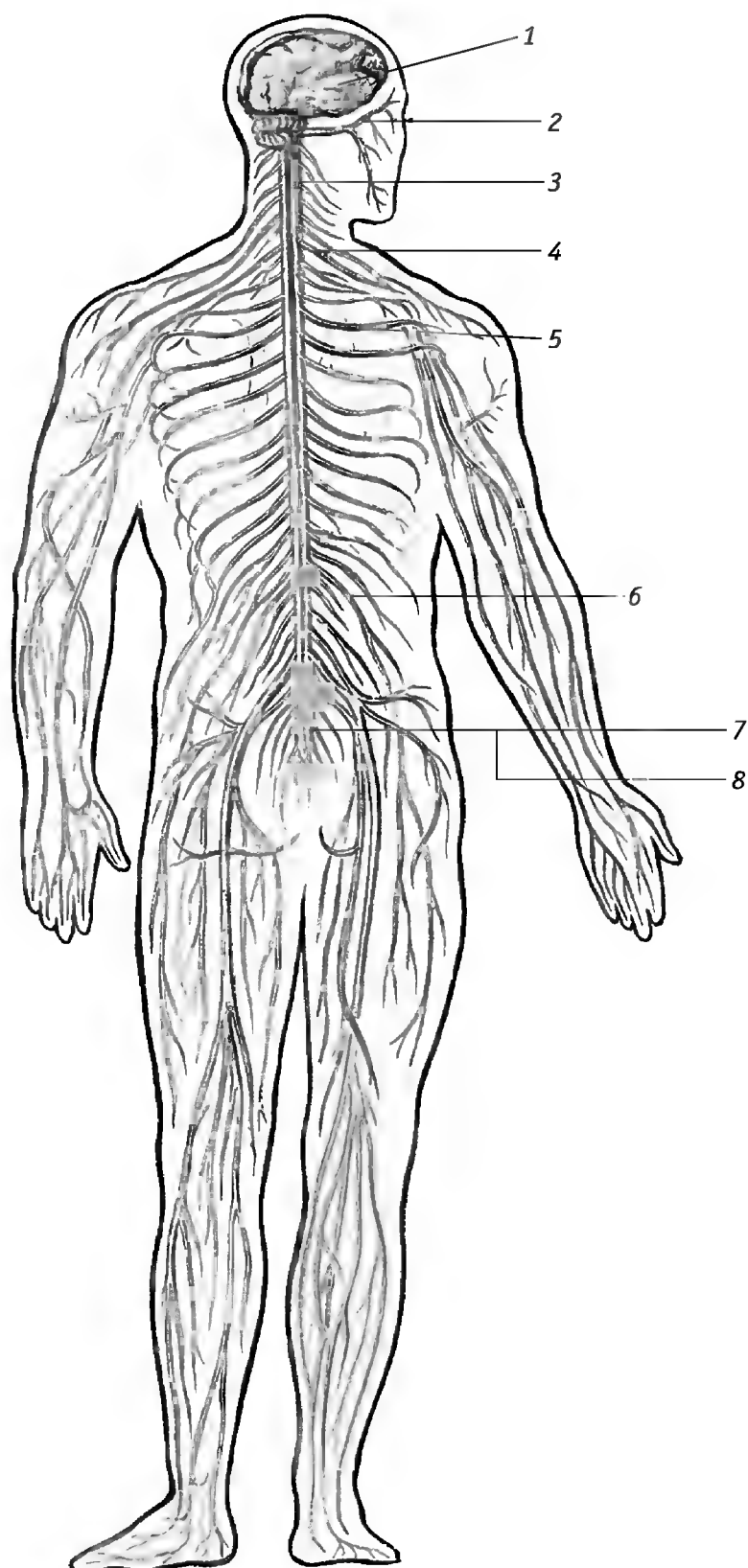


Рис. 13.3. Анатомия нервной системы человека:

1 — головной мозг; 2 — черепные нервы; 3 — спинной мозг; 4 — шейные нервы (8 пар); 5 — грудные нервы (12 пар); 6 — поясничные нервы (5 пар); 7 — крестцовые нервы (5 пар); 8 — копчиковые нервы (1 пара)

цию в другие отделы центральной нервной системы. В *боковых рогах* серого вещества расположены тела нейронов симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Спинной мозг разделяется на сегменты, от каждого из которых отходит пара *смешанных* (т. е. содержащих эфферентные и афферентные волокна) *спинномозговых нервов*. Всего таких пар 31. Каждый из указанных нервов начинается двумя корешками: передним — *двигательным* — и задним — *чувствительным*. В составе переднего корешка от нейронов боковых рогов отходят также волокна к симпатическим ганглиям вегетативной нервной системы. В задних корешках спинного мозга расположены утолщения — *нервные узлы (ганглии)*, в которых находятся тела чувствительных нейронов, несущие в спинной мозг информацию, главным образом от мышц конечностей, туловища и кожи. В специальных отверстиях между позвонками передние и задние корешки соединяются, образуя единый *смешанный спинномозговой нерв*.

Каждый сегмент спинного мозга иннервирует определенный участок тела человека. Так, от шейных и верхних грудных сегментов отходят нервы к мышцам шеи, верхних конечностей и органам, расположенным в грудной полости. Нижние грудные и верхние поясничные сегменты иннервируют мышцы туловища и органы брюшной полости. Нижние поясничные и крестцовые сегменты управляют работой мышц нижних конечностей и органами, расположенными в тазовой области.

Спинной мозг выполняет две функции: проводящую и рефлекторную.

Проводящая функция заключается в том, что по волокнам белого вещества информация от кожных рецепторов (прикосновения, боли, температурных), рецепторов мышц конечностей и туловища, рецепторов сосудов, органов мочеполовой системы поступает в головной мозг. И наоборот, от двигательных центров головного мозга импульсы направляются к мотонейронам передних рогов, а при их возбуждении — к мышцам конечностей, туловища и т. д.

Рефлекторная функция спинного мозга состоит в том, что его двигательные нейроны (мотонейроны) управляют движениями мышц конечностей, туловища и отчасти шеи. Вегетативные центры спинного мозга участвуют в регуляции деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, выделительной, половой систем.

Кроме того, информация, поступающая от периферийных систем к головному мозгу через спинной мозг, подвергается в последнем частичному анализу и переработке. Так, например, спинной мозг способен влиять на силу болевых ощущений.

Все рефлексы спинного мозга находятся под жестким контролем головного мозга. Так, при травмах, приводящих к разрыву спинного мозга, ниже

места разрыва восстанавливаются лишь простейшие сгибательные рефлексы, например коленный, да и то не полностью.

ГОЛОВНОЙ МОЗГ. Делится на пять отделов: продолговатый мозг, средний мозг, мозжечок, промежуточный мозг и большие полушария мозга (рис. 13.4).

Продолговатый мозг является естественным продолжением спинного мозга, но сегментация у него выражена слабее, а нейронная организация более сложная, чем у спинного мозга.

Продолговатый мозг выполняет проводящую и рефлекторную функции. Через него проходят все пути, соединяющие нейроны спинного мозга с высшими отделами головного мозга. По своему происхождению продолговатый мозг является утолщением переднего конца нервной трубки. В нем находятся центры многих важнейших для жизни человека рефлексов, например дыхательный центр, нейроны которого подразделяются на *инспираторные* (вдыхательные) и *экспираторные* (выдыхательные). Реагируя на повышение уровня углекислоты в крови, инспираторные нейроны возбуждаются, посылая импульсы к мотонейронам спинного мозга; от них импульсы направляются к межреберным мышцам и мышцам диафрагмы, заставляя их сокращаться. Происходит вдох (см. раздел 7.6). Здесь же в продолговатом мозге расположен *сосудодвигательный центр*. Его нейроны, постоянно раздражаясь нервными импульсами, под-

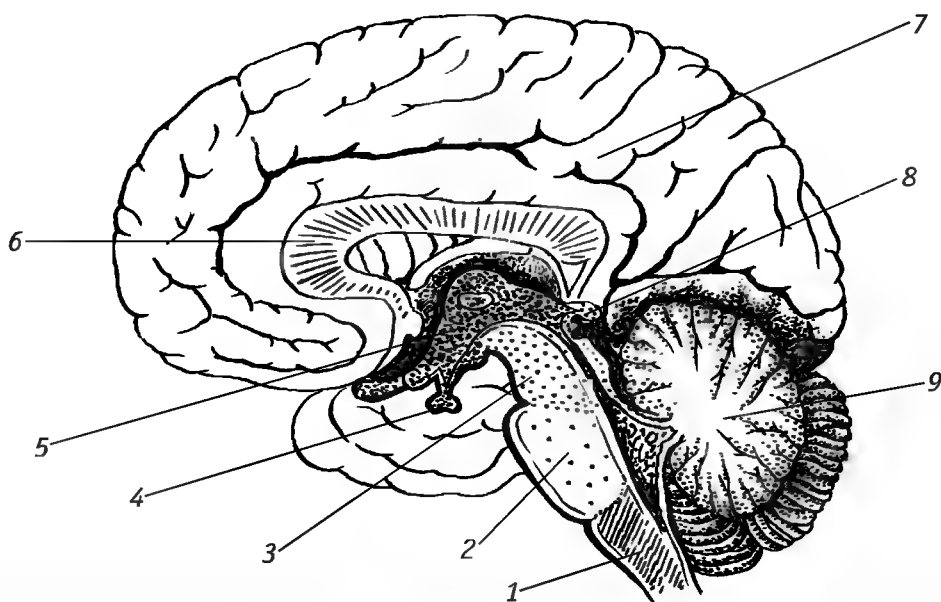


Рис. 13.4. Продольный разрез головного мозга:

1 — продолговатый мозг; 2 — варолиев мост; 3 — средний мозг; 4 — гипофиз; 5 — промежуточный мозг; 6 — мозолистое тело; 7 — полушарие переднего мозга; 8 — четверохолмие; 9 — мозжечок

держивают оптимальный просвет артериальных сосудов, обеспечивая нормальное артериальное давление. Искусственное раздражение нейронов передней части этого центра вызывает сужение артериальных сосудов, подъем давления, учащение сердцебиения; раздражение нейронов задней части центра приводит к обратным эффектам.

Область продолговатого мозга — место входа и выхода двенадцати пар **черепномозговых нервов**. Часть этих нервов является двигательными (эфферентными) и иннервирует главным образом мышцы шеи и головы, другая часть — чувствительными (афферентными), т. е. несет в мозг информацию от различных рецепторов. *Ядра* — скопления тел нейронов — I—V пар черепномозговых нервов расположены в вышележащих отделах мозга, и сами нервы лишь проходят через продолговатый мозг к выходу из черепной коробки. Ядра VII—XII пар находятся или непосредственно в продолговатом мозге, или на его границе со средним мозгом (табл. 13.1).

Таблица 13.1. Черепномозговые нервы и их функции

Название нерва	Функции
I. Обонятельный	Обонятельный вход от рецепторов носа
II. Зрительный	Зрительный вход от клеток ганглиозного слоя сетчатки
III. Глазодвигательный	Выход к четырем наружным мышцам глазного яблока
IV. Блоковый	Выход к верхней косой мышце глаза
V. Тройничный	Афферентный вход от рецепторов лица
VI. Отводящий	Выход к наружной прямой мышце глаза
VII. Лицевой	Выход к мышцам лица и эфферентный вход от части вкусовых рецепторов
VIII. Слуховой	Вход от рецепторов улитки внутреннего уха
IX. Языкоглоточный	Вход от части вкусовых рецепторов
X. Блуждающий	Основной нерв парасимпатического отдела вегетативной нервной системы; в его составе проходят волокна к мышцам глотки и гортани, а также волокна от вкусовых рецепторов
XI. Добавочный	Выход к мышцам шеи и затылка (трапецевидной, грудино-ключично-сосцевидной)
XII. Подъязычный	Выход к мышцам языка

В центральной части продолговатого мозга начинается **ретикулярная формация ствола мозга** — скопление огромного числа на первый взгляд хаотично расположенных нейронов. Нейроны ретикулярной формации имеют связи со структурами переднего мозга — таламусом, гипоталамусом, лимбической системой, корой больших полушарий. Посылая импульсы в вышележащие структуры, нейроны ретикулярной формации поддерживают передний мозг в бодрствующем состоянии. Поражение этой области продолговатого мозга приводит к сонливости, потере сознания, летаргическому сну, потере памяти. Нисходящие пути от ретикулярной формации оканчиваются на двигательных нейронах передних рогов спинного мозга, участвуя в поддержании позы тела, обеспечении координации движений.

Мозжечок расположен на задней стороне ствола мозга: позади продолговатого и среднего его отделов. Средний вес мозжечка взрослого человека — 150 г. До какой-то степени строение мозжечка повторяет строение всего мозга. Со средним мозгом мозжечок соединен тремя парами ножек. Стоит он из червя (стволовой, наиболее древней части) и полушарий, разделенных бороздами на доли. Доли, в свою очередь, мелкими бороздками разделены на извилины. Полушария мозжечка покрыты трехслойной корой, причем большинство нейронов коры — тормозные. Их задача — препятствовать длительной циркуляции импульсов по двигательным нейронным цепям мозжечка. В мозжечок поступает информация от всех двигательных систем: из больших полушарий, из среднего и спинного мозга.

Основные функции мозжечка: 1) регуляция позы тела и поддержание мышечного тонуса; 2) координация медленных произвольных движений с позой всего тела; 3) обеспечение точности быстрых произвольных движений.

За равновесие и координацию движений мышц туловища отвечает древняя стволовая часть мозжечка, а за быстрые точные движения — его полушария. При разрушении червя мозжечка человек не может ходить и стоять, у него нарушается чувство равновесия. При поражениях полушарий мозжечка наблюдаются уменьшение тонуса мышц, сильная дрожь конечностей, нарушение точности и быстроты произвольных движений, быстрая утомляемость. Кроме того, расстраивается устная и письменная речь. У новорожденных мозжечок развит очень слабо; проводящие пути мозжечка окончательно формируются только к пяти годам жизни.

Если хотите узнать, все ли в порядке с вашим мозжечком, то встаньте, сдвинув ноги, вытяните вперед руки и закройте глаза. Человек с поврежденным стволом мозжечка в такой позе стоять не может, начнет покачиваться или даже упадет. Затем попробуйте в быстром темпе касаться кончика носа указательными пальцами левой и правой руки попеременно. Если попадете туда, куда хотели, то полушария вашего мозжечка функционируют нормально.

Средний мозг, как и продолговатый, является частью ствола мозга. На его поверхности, обращенной к мозжечку, имеется четыре небольших бугорка — четверохолмие. *Верхние бугры* четверохолмия — центры первичной обработки зрительной информации, их нейроны реагируют на объекты, быстро передвигающиеся в поле зрения. Основные функции нейронов верхних бугров — управление направлением взгляда и приведение зрительной системы в состояние повышенной готовности при сильных зрительных стимулах. *Нижние бугры* четверохолмия — центры первичной обработки слуховых стимулов. Нейроны этих центров реагируют на сильные резкие звуки, приводя слуховую систему в состояние повышенной готовности.

В среднем мозге расположены важнейшие скопления нейронов, выполняющие двигательные функции, — красное ядро и черная субстанция. Нейроны красного ядра вместе с нейронами мозжечка участвуют в поддержании тонуса мышц и координации позы тела. При разрушении красного ядра патологически возрастает тонус мышц — разгибателей конечностей. Нейроны черной субстанции содержат в качестве медиатора *дофамина*, аксоны этих нейронов проходят в структуры переднего мозга. Когда человек хочет сделать какое-либо произвольное движение, то за несколько сотых долей секунды до этого движения возбуждаются нейроны черной субстанции.

В центре среднего мозга расположены *ядра шва*, нейроны которых содержат в качестве медиатора *серотонин*. Серотонин является одним из важнейших факторов, вызывающих сон. При разрушении указанных ядер в эксперименте животные теряют способность ко сну. В среднем мозге продолжается ретикулярная формация ствола мозга, описанная ранее.

Промежуточный мозг состоит из таламуса, гипоталамуса (*подбугровой области*) и *надбугровой области*, в состав которой входит железа внутренней секреции *эпифиз*. Книзу от гипоталамуса на тонкой ножке расположена железа внутренней секреции *гипофиз*.

Таламус является центром анализа всех видов ощущений, кроме обонятельных. Несмотря на небольшой объем — около 19 см³, в таламусе насчитывается более 40 пар ядер (скоплений нейронов) с разнообразными функциями.

Специфические ядра анализируют различные виды ощущений и передают информацию о них в соответствующие зоны коры больших полушарий. Так, *латеральные коленчатые тела* — центры анализа зрительной информации, *медиальные коленчатые тела* — центры анализа слуховой информации, *вентробазальное ядро* — центр анализа информации, приходящей от рецепторов мышц, кожи и т. д.

Неспецифические ядра таламуса (например, медиальные) являются продолжением ретикулярной формации ствола мозга и необходимы для активации структур переднего мозга. *Моторные ядра* (например, вентролатеральное) участвуют в координации двигательных систем мозга. *Ассоциативные ядра* (например, дорзомедиальное) необходимы для сравнения и суммации различных видов ощущений и создания целостного образа объекта. *Вентральные ядра* таламуса являются высшими центрами болевой чувствительности, именно здесь формируется болевое ощущение. Когда человек, например, прищемил палец и чувствует в нем боль, то на самом деле боль возникла в представительстве пальца в ядрах таламуса, т. е. там, куда пришли сигналы от болевых рецепторов прищемленного пальца. С этими ядрами, возможно, связана так называемая *фантомная боль*, когда боль ощущается, например, в давно ампутированной конечности. Боль при этом является следствием патологического возбуждения тех нейронов вентральных ядер, которые когда-то были связаны с давно отсутствующей конечностью. У больных с разрушенными вентральными ядрами часто нарушается чувство времени. Видимо, в этих ядрах находятся нейроны, выполняющие роль «внутренних часов» нашего организма.

Нижняя часть промежуточного мозга — **гипоталамус** — также выполняет важнейшие функции, являясь высшим центром вегетативных регуляций. Передние ядра гипоталамуса — центр парасимпатических влияний, задние — центр симпатических влияний. Медиальная часть гипоталамуса — главный нейроэндокринный орган: нейроны этой зоны выделяют в кровь целый ряд регуляторов, влияющих на деятельность передней доли гипофиза. Кроме того, в этой области синтезируются важнейшие гормоны — *окситоцин* и *вазопрессин* (антидиуретический). В этих же ядрах образуются многие физиологически активные пептиды, влияющие на все стороны жизнедеятельности организма: восприятие информации, эмоции, работу внутренних органов и т. п.

В гипоталамусе расположены центры голода и жажды, раздражение нейронов которых приводит к безудержному поглощению пищи или питью воды.

Таким образом, можно сказать, что гипоталамус необходим для регуляции работы всех внутренних органов. Поражения гипоталамуса сопровождаются тяжелейшими эндокринными и вегетативными расстройствами: снижением или повышением давления, урежением или учащением сердечного ритма, затруднениями дыхания, нарушениями перистальтики кишечника, расстройствами терморегуляции, изменениями в составе крови и т. д.

В толще белого вещества больших полушарий мозга расположен комплекс подкорковых мозговых ядер, получивший название **лимбической сис-**

темы. К лимбическим структурам относят гиппокамп, миндалевидный комплекс ядер, перегородку. Лимбическая система является главным эмоциональным центром мозга, обеспечивающим эмоциональную оценку ситуации, оценку возможных последствий этой ситуации и выбор одной из альтернативных форм поведения. В результате правильного выбора формы поведения организм должен прийти в соответствие со своими потребностями, например избежать опасности или обеспечить себя пищей и т. д.

Гиппокамп по своему происхождению является древней корой. Его функция — участие в оценке и запоминании новой информации, т. е. в обучении. У людей с разрушенным гиппокампом запоминание новой информации затруднено.

Миндалевидный комплекс ядер лежит в глубине височных долей и тесно связан с гипоталамусом. В этой области расположены скопления нейронов, раздражение которых приводит к необузданной ярости, паническому страху. Обнаружены также центры удовольствия, при раздражении которых в организме начинают вырабатываться вещества, сходные с морфином. Разрушение миндалевидного комплекса влечет за собой снижение эмоциональности, потерю чувств тревоги и страха, слабоумие, смешливость, апатию.

В основании больших полушарий расположены **базальные ганглии** — крупные ядра, обеспечивающие связь между двигательными зонами коры больших полушарий и другими двигательными центрами мозга (среднего мозга, мозжечка и др.). В базальных ганглиях оканчиваются аксоны нейронов, расположенных в черной субстанции среднего мозга. Важнейшая функция базальных ганглиев — запоминание сложных двигательных программ: ходьбы, бега, танцевальных движений, спортивных упражнений и т. д.

Филогенетически наиболее молодым образованием мозга является **кора**. Это слой серого вещества (т. е. тел нейронов), покрывающий большие полушария. Многочисленные складки увеличивают поверхность коры. У человека она составляет 2400 см^2 , а у кошки — только 100 см^2 . Толщина коры — $1,5\text{—}4,5\text{ мм}$, общий вес — около 600 г . В состав коры входит около 10^9 нейронов, т. е. большая часть всех нейронов нервной системы человека. Кора состоит из шести слоев, которые отличаются по составу клеток, функциям и т. д. Нейроны слоев с первого по четвертый главным образом воспринимают и обрабатывают информацию, поступающую от других отделов нервной системы. Пятый слой является главным эфферентным слоем и называется *внутренним пирамидным* из-за своеобразной формы составляющих его нейронов.

Глубокими **бороздами** кора каждого полушария делится на **доли**: лобную, теменную, затылочную и височную. Различные функции коры связаны с разными ее долями. Так, в области передней центральной из-

вилины лобной доли расположены высшие центры произвольных движений, а в области задней центральной извилины — центры кожно-мышечной чувствительности. К настоящему времени кора подробно картирована, и точно известны представления в ней каждой мышцы, каждого участка кожи (рис. 13.5). Двигательные пути, идущие от правого и левого полушарий, перекрещиваются и управляют соответственно мышцами противоположной стороны тела. Оказалось, что

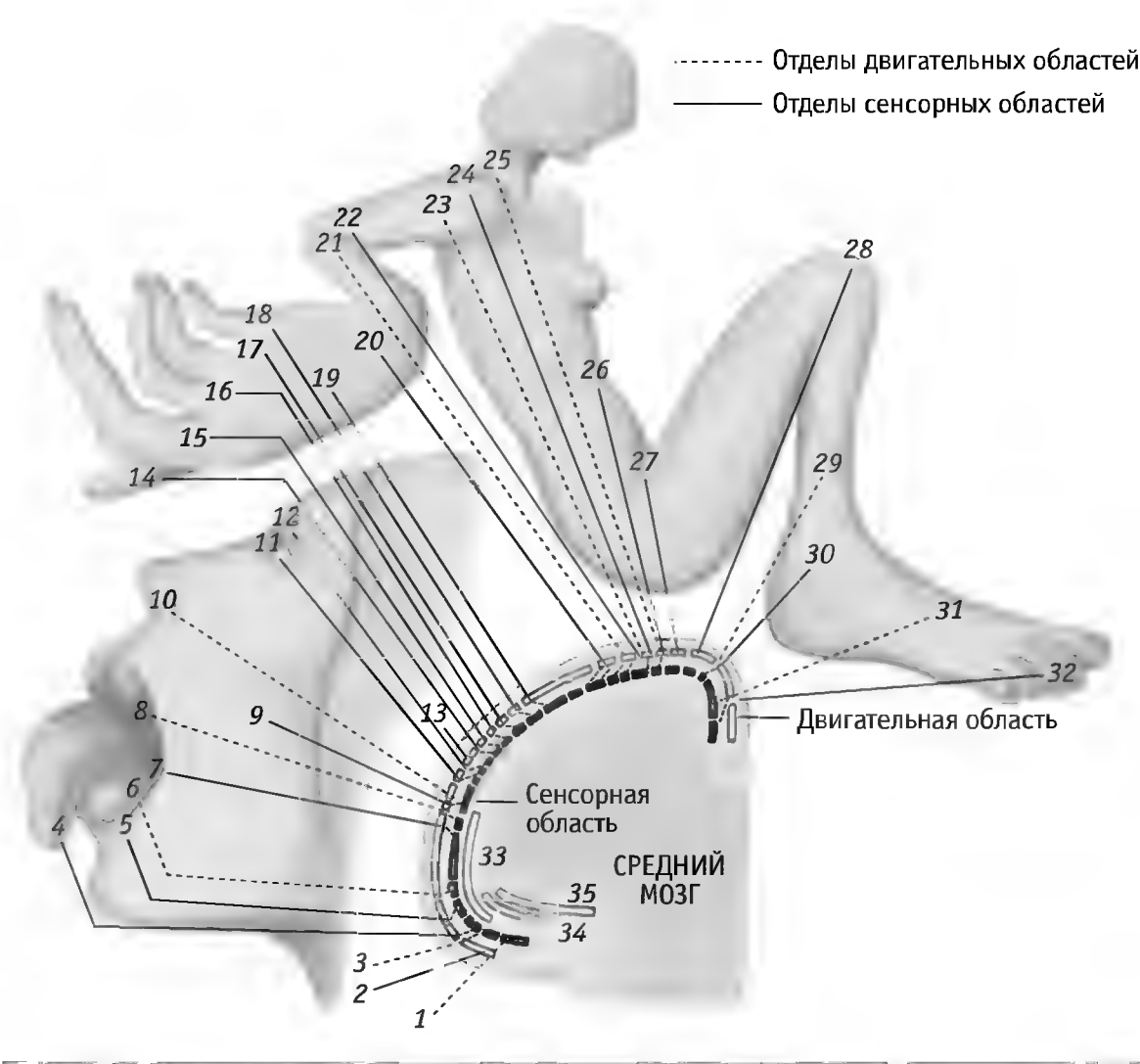


Рис. 13.5. Распределение сенсорных (связанных с ощущениями) и двигательных функций в коре головного мозга человека.

Области тела: 1 — внутрибрюшинная; 2 — глотательная; 3 — глотка; 4 — язык; 5 — челюсть (зубы и десны); 6 — нижняя губа; 7 — губы; 8 — верхняя губа; 9 — лицо; 10 — нос; 11 — глаз (глазное яблоко и веко); 12 — бровь; 13 — шея; 14 — большой палец руки; 15 — указательный палец; 16 — средний палец; 17 — безымянный палец; 18 — мизинец; 19 — кисть; 20 — запястье; 21 — предплечье; 22 — локоть; 23 — часть руки от туловища до локтя; 24 — плечо; 25 — шея и голова; 26 — туловище; 27 — бедро; 28 — колено; 29 — нога (от бедра до ступни); 30 — лодыжка; 31 — стопа; 32 — пальцы ног; 33 — воспроизведение звуков; 34 — слюноотделение; 35 — пережевывание

в коре существуют «функциональные колонки», пронизывающие все шесть ее слоев. Такая «колонка» активирует не одну какую-либо мышцу, но обеспечивает движение или фиксацию целого сустава.

В *затылочной доле* расположены *высшие центры зрительных ощущений* (рис. 19 цв. вкл.). Именно здесь формируется зрительное изображение. В этой доле расположены зрительные рецептивные поля различной сложности: нейроны одних реагируют на изменение освещенности, других — анализируют контуры, перегибы предметов и т. д. Информация в затылочную долю приходит от нейронов латеральных коленчатых тел таламуса.

В *височных долях* расположены *высшие слуховые центры*, содержащие различные виды нейронов: одни из них реагируют на начало звучания, другие — на определенную частотную полосу, третьи — на конкретный ритм и т. д. Информация в эту область приходит от медиальных коленчатых тел таламуса. *Центры вкуса и обоняния* расположены на внутренней поверхности височных долей.

В *лобные доли* приходит информация обо всех ощущениях. Здесь происходит ее суммарный анализ и создается целостное представление об образе. Поэтому эту зону коры называют *ассоциативной*. Именно с этой областью коры связана способность к обучению. Если лобная доля коры и гиппокамп разрушены, то не возникает ассоциаций между видом предмета и его названием, между изображением буквы и звуком, который эта буква обозначает. Обучение становится невозможным.

До известной степени кора *функционально асимметрична*. Левое полушарие обрабатывает информацию, анализируя ее поэтапно, по мере поступления. Примером такой постепенно поступающей информации может служить речь другого человека. Правое полушарие практически мгновенно создает образ предмета (таким образом анализируется зрительная информация). Показано также, что в левом полушарии хранится информация о концепциях и категориях, т. е. о наиболее общих признаках какой-либо группы объектов. В правом же полушарии сохраняется информация об индивидуальных особенностях и деталях отдельных объектов.

Довольно значительны также *половые различия* в деятельности коры головного мозга. Так, мужчины лучше решают в уме пространственные задачи, легче выбирают маршруты пути. Женщины точнее выражают свои мысли словами, быстрее воспринимают изменения в окружающей обстановке.

Вся жизнедеятельность человека находится под контролем коры больших полушарий. Информация обо всем, что происходит в организме или вокруг него, в итоге обязательно попадает в кору. Таким образом, кора больших полушарий обеспечивает взаимодействие организма с окружающей средой и является материальной базой для психической деятельности человека.

ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Вегетативная (автономная) нервная система управляет работой внутренних органов, обеспечивая их оптимальное функционирование при изменениях внешней среды или смене рода деятельности организма. Эта система обычно не контролируется нашим сознанием, в отличие от соматической нервной системы. Однако на уровне полушарий и ствола мозга нервные центры соматической и вегетативной нервных систем разделить трудно.

Вегетативная нервная система подразделяется на два отдела: симпатический и парасимпатический (рис. 20 цв. вкл.).

Высшие центры **симпатической нервной системы** расположены в задней части гипоталамуса, структурах среднего и продолговатого мозга. В спинном мозге симпатические нейроны находятся в боковых рогах серого вещества грудных и трех верхних поясничных сегментов. Аксоны этих, так называемых *первых симпатических нейронов*, выходят из спинного мозга в составе передних спинномозговых корешков и оканчиваются синапсами на нейронах симпатических нервных узлов. Эти узлы располагаются двумя цепочками справа и слева от позвоночника и соединены между собой нервными волокнами. Симпатические цепочки начинаются у основания черепа и продолжаются до крестца. От нейронов, расположенных в узлах симпатических цепочек (так называемых *вторых симпатических нейронов*), аксоны направляются к органам головы, брюшной и тазовой полостей, сосудам, железам. В синаптических окончаниях вторых симпатических нейронов обычно выделяется медиатор *норадреналин*.

Высшие центры **парасимпатической нервной системы** расположены в ядрах переднего гипоталамуса, в среднем мозге (III пара черепномозговых нервов), в продолговатом мозге (IV, IX и X пары черепномозговых нервов) и в крестцовом отделе спинного мозга (см. рис. 20 цв. вкл.). От нейронов этих ядер (так называемых *первых парасимпатических нейронов*) аксоны направляются к парасимпатическим нервным узлам (ганглиям), расположенным либо вблизи органов (области головы и тазовых органов), либо непосредственно в самих органах, образуя так называемые *интрамуральные ганглии*. Нейроны этих ганглиев (или *вторые парасимпатические нейроны*) имеют очень короткие аксоны, из окончаний которых выделяется медиатор *ацетилхолин*.

Симпатическая нервная система иннервирует гладкие мышцы всех органов (сосудов, волос, зрачков, легких, органов брюшной полости), сердце, многие железы (потовые, слюнные, пищеварительные), почки и т. д. Пара-

симпатическая нервная система иннервирует гладкую мускулатуру и железы желудочно-кишечного тракта, органы мочеполовой системы, легкие, сердце, слезные и слюнные железы, глазные мышцы.

Таким образом, многие органы имеют и симпатическую, и парасимпатическую иннервацию, причем влияния этих систем очень часто носят противоположный, антагонистический характер. Обычно оба эти отдела вегетативной нервной системы действуют слаженно. Например, для того, чтобы понизить артериальное давление крови, необходимо снизить частоту и силу сердечных сокращений. Этот эффект достигается одновременным снижением симпатических и усилением парасимпатических влияний на сердце. При нарушении работы центров вегетативной нервной системы наблюдаются расстройства работы самых различных органов и систем человеческого организма.

14

ОРГАНЫ ЧУВСТВ

14.1

ПОНЯТИЕ ОБ АНАЛИЗАТОРАХ

Всю информацию об окружающем мире человек получает через органы чувств. Если эта информация не будет поступать в мозг, то нервная система не сможет нормально развиваться и человек превратится в идиота. Если поступающая информация по какой-либо причине искажена, то мозг принимает решения на основе неверных сведений и поведение человека становится, по меньшей мере, странным, а иногда — и просто опасным как для самого человека, так и для окружающих его людей.

Любая информация воспринимается через анализаторы. *Анализатор* — это система, обеспечивающая восприятие, доставку в мозг и анализ в нем какого-либо вида информации (зрительной, слуховой, обонятельной и т. д.).

Каждый анализатор состоит из периферического отдела (нервных путей) и центрального отдела (центров, анализирующих данный вид информации).

Важно помнить о том, что любой вид информации доставляется в головной мозг по нервным путям в виде нервных импульсов и наши ощущения зависят от того, в какой отдел мозга приходят эти импульсы. Если импульсы от рецепторов сетчатки глаза попадут в слуховые центры, то на основе увиденного в них начнут формироваться звуковые образы. Представляете себе, какая путаница в ощущениях может возникнуть! Именно так и бывает при нарушениях работы мозга.

ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Более 90% информации об окружающем мире человек получает с помощью зрения.

Орган зрения — **глаз** — состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата. К последнему относят веки, ресницы, мышцы глазного яблока и слезные железы. *Веки* — складки кожи, выстланные изнутри слизистой оболочкой. *Слезы*, образующиеся в *слезных железах*, омывают передний отдел глазного яблока и через носослезный канал проходят в ротовую полость. У взрослого человека в сутки должно вырабатываться не менее 3—5 мл слез, выполняющих бактерицидную и увлажняющую функции.

Глазное яблоко имеет шарообразную форму и располагается в *глазнице* (рис. 21 цв. вкл.), где может поворачиваться при помощи гладких мышц. Глазное яблоко имеет три оболочки. Наружная оболочка — *фиброзная*, или *белочная*, спереди глазного яблока переходит в прозрачную *роговицу*, ее задний отдел называется *склерой*. Через среднюю оболочку — *сосудистую* — глазное яблоко снабжается кровью. Спереди в сосудистой оболочке имеется отверстие — *зрачок*, — позволяющее лучам света попадать внутрь глазного яблока. Часть сосудистой оболочки вокруг зрачка окрашена и называется *радужкой*. Клетки радужки содержат всего один пигмент, и если его мало, радужка окрашена в голубой или серый цвет, а если много — в темно-коричневый или черный. Мышцы зрачка расширяют или сужают его (от 2 до 8 мм в диаметре) в зависимости от яркости освещающего глаз света. Между роговицей и радужкой расположена *передняя камера* глаза, заполненная жидкостью.

Позади радужки находится прозрачный *хрусталик* — двояковыпуклая линза, необходимая для фокусировки лучей света на внутреннюю поверхность глазного яблока. Хрусталик снабжен специальными мышцами, меняющими его кривизну. Этот процесс называется *аккомодацией*. Между радужкой и хрусталиком расположена *задняя камера* глаза.

Большая часть глазного яблока заполнена прозрачным *стекловидным телом*. Пройдя через хрусталик и стекловидное тело, лучи света попадают на внутреннюю оболочку глазного яблока — *сетчатку*. Это многослойное образование, причем три его слоя, обращенные внутрь глазного яблока, содержат зрительные рецепторы — *колбочки* (около 7 млн) и *палочки* (около 130 млн). В палочках содержится зрительный пигмент *родопсин*, они более чувствительны, чем колбочки, и обеспечивают черно-белое зрение при плохом освещении. Колбочки содержат зрительный пигмент *иодопсин* и обеспе-

чивают цветное зрение в условиях хорошей освещенности. Считается, что существует три вида колбочек, воспринимающих соответственно красный, зеленый и фиолетовый цвета. Все остальные оттенки цвета определяются комбинацией возбуждений в этих трех типах рецепторов. Под действием квантов света зрительные пигменты разрушаются, генерируя электрические сигналы, которые передаются от палочек и колбочек к ганглиозному слою сетчатки. Отростки клеток этого слоя образуют зрительный нерв, выходящий из глазного яблока через слепое пятно — место, где нет зрительных рецепторов.

Больше всего колбочек располагается прямо напротив зрачка — в так называемом желтом пятне: в периферических отделах сетчатки колбочек почти нет, там находятся одни палочки.

Выйдя из глазного яблока, зрительный нерв следует в верхние бугры четверохолмия среднего мозга, где зрительная информация подвергается первичной обработке. По аксонам нейронов верхних бугров зрительная информация попадает в латеральные коленчатые тела таламуса, а оттуда — в затылочные доли коры больших полушарий. Именно там формируется тот зрительный образ, который мы субъективно ощущаем, т. е. видим.

Следует отметить, что оптическая система глаза формирует на сетчатке не только уменьшенное, но и перевернутое изображение предмета. Обработка сигналов в центральной нервной системе происходит таким образом, что предметы воспринимаются нами в их естественном положении.

Если человек наденет очки, которые переворачивают изображение, и будет их носить не снимая, то через некоторое время мозг «вернет» картинке нормальное положение, и человек будет видеть как обычно, будто бы на нем нет «переворачивающих» очков. Но вот когда он эти очки снимет, мир в его глазах опять перевернется! Правда, ненадолго: мозг быстро обучается и будет снова снабжать своего владельца правильной информацией об окружающем мире.

Зрительный анализатор человека обладает потрясающей чувствительностью. Так, мы можем различить освещенное изнутри отверстие в стене диаметром всего 0,003 мм. Тренированный человек (причем у женщин это получается гораздо лучше) может различать сотни тысяч цветовых оттенков. Зрительному анализатору достаточно всего 0,05 с для распознавания объекта, который попал в поле зрения.

Однако около 7% мужчин не способны правильно различать цвета. Чаще всего они не могут отличить красный цвет от зеленого. Например, мальчик с такой патологией не увидит красный мячик в зеленой траве. Для обычной повседневной жизни это нарушение, называемое **дальтонизмом**, большой проблемы не представляет, но вот водить самолеты, поезда, а иногда и автомобили дальтоникам не рекомендуется. У новорожденного способность различать цвета и фокусировать взгляд на каком-то предмете формируется не сразу

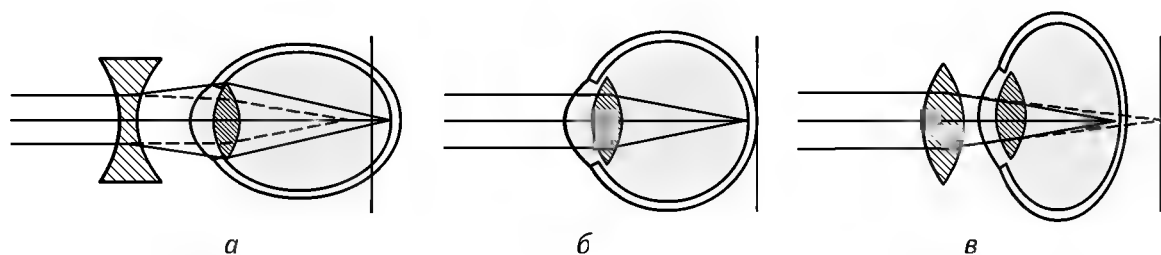


Рис. 14.1. Глаз при близорукости (а); дальнозоркости (в); норма (б)

и поэтому кажется, что малыш пристально и безучастно вглядывается в пространство прямо перед собой. Но уже с пятой недели жизни он начинает проявлять явный интерес к человеческим лицам, а затем и к другим предметам.

При **близорукости** глазное яблоко несколько вытягивается, и изображение от отдаленных объектов не фокусируется на сетчатке (рис. 14.1, а), оказываясь как бы перед ней. При **дальнозоркости** наблюдается обратная картина (рис. 14.1, в).

При **астигматизме** роговица, через которую свет проходит в глаз, слегка деформирована, и на сетчатку попадает раздвоенное изображение. Для того чтобы человек хорошо видел, необходимо сфокусировать оба глаза на объекте. За счет этого формируется объемное зрение, оценивается форма предмета и расстояние до него. При **косоглазии** глаза как будто пытаются сойтись вместе или, наоборот, разойтись. Косоглазие может быть врожденным или возникает в результате травмы. Лечат это заболевание специальными упражнениями, ношением особых очков, но иногда приходится прибегать к операции.

Движениями глазного яблока управляют шесть мышц, которые должны работать с очень большой точностью. Если их работа нарушается, то глаза могут начать совершать беспорядочные движения, что, естественно, препятствует нормальному зрению. При некоторых заболеваниях роговица теряет свою прозрачность, и ее приходится заменять. Помутнение хрусталика довольно часто встречается у пожилых людей и диабетиков. Это заболевание называется **катарактой**. Иногда катаракта у младенца бывает врожденной, чаще в том случае, если его мать переболела краснухой на ранней стадии беременности. Однако такой непрозрачный хрусталик можно удалить и заменить его искусственным или носить специальные очки, выполняющие функцию хрусталика. Повреждения сетчатки обычно возникают как следствие других заболеваний человека: диабета, гипертонии, токсикозов при беременности и др. Например, при **глаукоме** снижен отток жидкости из внутренней части глаза, что вызывает повышение внутриглазного давления. Это может привести к повреждению сетчатки и волокон глазного нерва. Поэтому следует периодически измерять внутриглазное давление.

СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР

Слух необходим для восприятия звуковых колебаний в довольно широком диапазоне частот. В юношеском возрасте человек различает звуки в диапазоне от 16 до 20 000 Гц (герц), однако уже к 35 годам верхняя граница слышимых частот падает до 15 000 Гц. Помимо создания объективной целостной картины об окружающем мире, слух обеспечивает речевое общение людей.

Слуховой анализатор включает в себя орган слуха, слуховой нерв и центры мозга, анализирующие слуховую информацию.

Периферическая часть слухового анализатора, т. е. **орган слуха**, состоит из наружного, среднего и внутреннего уха (рис. 14.2).

Наружное ухо человека представлено ушной раковиной, наружным слуховым проходом и барабанной перепонкой. *Ушная раковина* — хрящевое образование, покрытое кожей. У человека, в отличие от многих животных, ушные раковины практически неподвижны. *Наружный слуховой проход* —

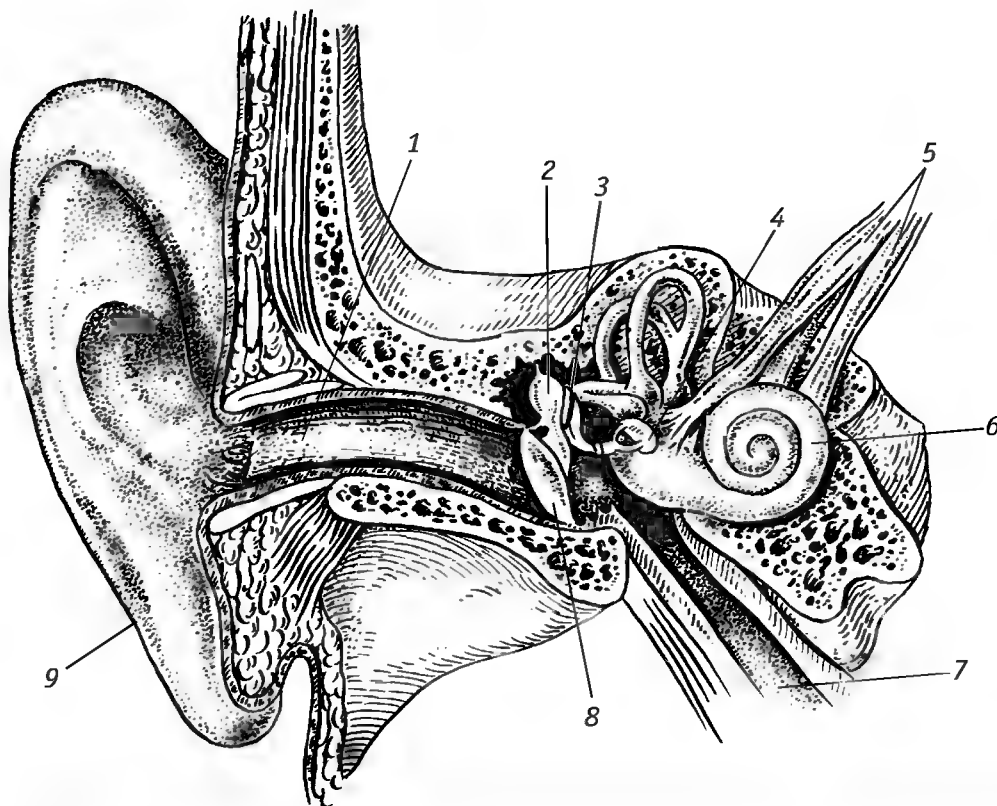


Рис. 14.2. Строение наружного, среднего и внутреннего уха человека:

1 — наружный слуховой проход; 2 — молоточек; 3 — наковальня; 4 — стремечко; 5 — слуховой нерв; 6 — улитка; 7 — слуховая (евстахиева) труба; 8 — барабанная перепонка; 9 — ушная раковина

канал длиной 3—3,5 см, заканчивающийся *барабанной перепонкой*, отделяющей наружное ухо от полости среднего уха. Слуховой проход не совсем прямой, а слегка изогнут; его стенки выделяют особое липкое вещество — *ушную серу*. Ушная сера не дает проникнуть в слуховой проход пыли и мелким насекомым.

В полости среднего уха, имеющей объем около 1 см³, расположены самые маленькие кости организма человека: *молоточек*, *наковальня* и *стремечко*. Молоточек «рукояткой» срастается с барабанной перепонкой, а «головкой» подвижно присоединен к наковальне, которая другой своей частью также подвижно соединена со стремечком. Стремечко, в свою очередь, широким основанием сращено с перепонкой *овального окна*, ведущего во внутреннее ухо. Полость среднего уха через *евстахиеву трубу* соединена с носоглоткой. Это необходимо для выравнивания давления по обе стороны барабанной перепонки при изменениях атмосферного давления.

Внутреннее ухо находится в полости пирамиды височной кости. К органу слуха во внутреннем ухе относится *улитка* — костный, спирально закрученный канал в 2,75 оборота. Снаружи улитка омывается *перилимфой*, заполняющей полость внутреннего уха. В канале улитки расположен *перепончатый костный лабиринт*, заполненный *эндолимфой*; в этом лабиринте находится звуковоспринимающий аппарат — спиральный орган, состоящий из основной мембраны с расположенными на ней рецепторными клетками и покровной мембраны. *Основная мембрана* — тонкая перепончатая перегородка, разделяющая полость улитки, состоящая из многочисленных волокон различной длины. В этой мембране расположено около 25 тыс. рецепторных *волосковых клеток*. Один конец каждой рецепторной клетки фиксирован на волокне основной мембраны. Именно от этого конца отходит волокно *слухового нерва*. При поступлении звукового сигнала столбик воздуха, заполняющий наружный слуховой проход, начинает колебаться. Эти колебания улавливаются барабанной перепонкой и через молоточек, наковальню и стремечко передаются на овальное окно. При прохождении через систему звуковых косточек звуковые колебания усиливаются приблизительно в 40—50 раз и передаются на перилимфу и эндолимфу внутреннего уха. Через эти жидкости колебания воспринимаются волокнами основной мембраны, причем высокие звуки вызывают колебания более коротких волокон, а низкие — более длинных. В результате колебаний волокон основной мембраны возбуждаются рецепторные волосковые клетки, и сигнал по волокнам слухового нерва передается сначала в ядра нижних бугров четверохолмия, а оттуда — в медиальные коленчатые тела таламуса и, наконец, в височные доли коры больших полушарий, где и находится высший центр слуховой чувствительности.

Уровень энергии звуковых колебаний измеряется в *децибелах* (дБ). Собственно говоря, это и есть громкость звука. Шепот человека оценивается

приблизительно в 15 дБ, а шелест падающих с дерева листьев — в 10 дБ. Разговор двух людей ведется на уровне 60 дБ, а вот шум интенсивного дорожного движения достигает 90 дБ. Шум выше 100 дБ практически невыносим для среднего человека. Звук выше 140 дБ опасен для человеческого уха и может привести к повреждению барабанной перепонки. Любопытно, что шум, издаваемый рок-группой во время концерта, составляет около 110 дБ и может вызвать у многих людей болевые ощущения. Длительные сильные звуковые воздействия приводят к неминуемому снижению остроты слуха. Особенно опасны периодические усиления громкости звука. Недаром рабочих-клепальщиков, работающих пневматическими молотками, звали «глухарями». Шум в 200 дБ может очень быстро убить человека.

Причиной глухоты является, как правило, повреждение внутреннего уха или слухового нерва. Очень распространен *отит* — воспаление среднего уха. При своевременном лечении это заболевание не оказывает отрицательного воздействия на слух.

Эмбрион ощущает звуковые колебания еще в утробе матери. Будущий человек прекрасно запоминает звуки биения материнского сердца и радуется, услышав их запись после рождения. Этим пользуются в практических целях: биение сердца матери, записанное на звуковой носитель, дают слушать младенцу для того, чтобы он успокоился и уснул.

14.4

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Вестибулярный анализатор выполняет функцию регуляции положения тела в целом и его отдельных частей в пространстве.

Периферическая часть этого анализатора представлена *рецепторами*, расположенными во внутреннем ухе, а также большим количеством рецепторов, находящихся в сухожилиях мышц.

Во внутреннем ухе расположены два мешочка — *круглый* и *овальный*, которые заполнены *эндолимфой*. В стенках мешочков находится большое количество рецепторных *волосковидных клеток*. В полости мешочков расположены *отолиты* — кристаллы солей кальция. Кроме того, в полости внутреннего уха есть три полукружных канала, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 14.3). Каналы заполнены *эндолимфой*, в их стенках находятся рецепторы.

При изменении положения головы или всего тела в пространстве отолиты и эндолимфа полукружных канальцев перемещаются, возбуждая волос-

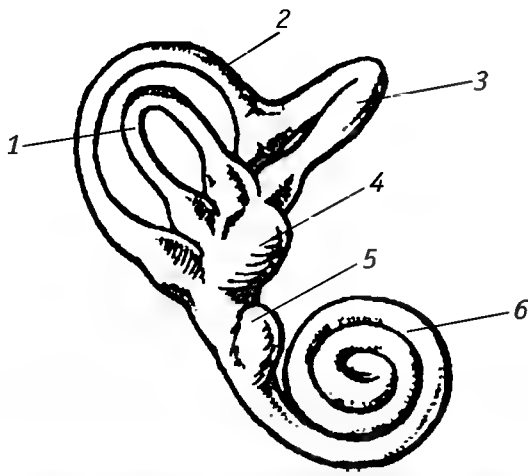


Рис. 14.3. Строение лабиринта:

1, 2, 3 — полукружные каналы; 4 — овалный мешочек; 5 — круглый мешочек; 6 — улитка

ковидные клетки. Их отростки образуют *вестибулярный нерв*, по которому информация об изменении положения тела в пространстве попадает в ядра среднего мозга, мозжечок, ядра таламуса и наконец в теменную область коры больших полушарий.

У самых примитивных позвоночных — миног есть только два полукружных канала. Возможно, их предки жили у самого дна моря и передвигались только в одной плоскости: влево — вправо, вперед — назад, а вот вверх — вниз они не перемещались никогда. Поэтому-то, живя в «двухмерном пространстве», миноги

прекрасно обходятся без третьего полукружного канала, который появляется у настоящих рыб, живущих в трехмерном мире.

Как и любой другой анализатор, вестибулярный нуждается в тренировке. Так, космонавты длительное время тренируются для того, чтобы иметь возможность работать в условиях невесомости. Людей может укачать, причем не только в море во время его волнения, но и в транспорте. Во время качки жидкость в полукружных каналах постоянно перемещается и возбуждает рецепторы, а мозговые центры большого числа людей реагируют на это неприятными ощущениями.

14.5

ТАКТИЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Осязание — это комплекс ощущений, возникающих при раздражении рецепторов кожи. **Рецепторы прикосновения (тактильные)** бывают двух видов: одни из них очень чувствительны и возбуждаются при вдавливании кожи на руке всего на 0,1 мкм, другие — лишь при значительном давлении. В среднем на 1 см² приходится около 25 тактильных рецепторов. Они разбросаны по телу очень неравномерно: например, в коже, покрывающей голень, на 1 см² находится около 10 рецепторов, а на такой же площади кожи большого пальца — около 120 таких рецепторов. Очень много рецепторов прикосновения на языке и ладонях. Кроме того, к прикосновениям чувствительны волоски, покрывающие 95% нашего тела. У основания

каждого волоска находится тактильный рецептор. Информация от всех этих рецепторов собирается в спинном мозге и по проводящим путям белого вещества поступает в ядра таламуса, а оттуда — в высший центр тактильной чувствительности — область задней центральной извилины коры больших полушарий.

Кроме рецепторов прикосновения, в коже расположены рецепторы, чувствительные к холоду и теплу. Холодовых рецепторов на теле человека около 250 тыс., тепловых гораздо меньше — около 30 тыс. Эти рецепторы обладают избирательностью: они способны различать только тот сигнал, на который настроены, т. е. или тепло, или холод.

Как и другие ощущения, осязание формируется у человека не сразу. Прикосновение горячим или острым предметом младенец чувствует с первых дней жизни, но, по-видимому, это — болевое ощущение. А вот на слабое прикосновение к коже он начинает реагировать только через несколько недель.

14.6

ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР

Периферический отдел вкусового анализатора — вкусовые рецепторы, расположенные в эпителии языка и в меньшем количестве — в слизистой ротовой полости и глотки. Вкусовые рецепторы реагируют только на растворенные в воде вещества, нерастворимые вещества вкуса не имеют. Человек различает четыре вида вкусовых ощущений: соленое, кислое, горькое, сладкое. Больше всего рецепторов, восприимчивых к *кислому* и *соленому*, расположено по бокам языка, к *сладкому* — на кончике языка, а к *горькому* — на корне языка, хотя небольшое число рецепторов каждого вида раздражителей разбросано по слизистой всей поверхности языка (рис. 14.4). Оптимальная величина вкусовых ощущений наблюдается при температуре в полости рта 29 °С.

Рецепторы, улавливающие растворенные химические вещества, называются *вкусовыми сосочками*. Они представляют собой маленькие бугорки, на которых рас-



Рис. 14.4. Язык человека: расположение сосочков, воспринимающих вкусовые ощущения

положены специальные воспринимающие вкус клетки. В одном сосочке находится около 50 таких клеток. По внешнему виду сосочки, воспринимающие различные вкусовые ощущения, не различаются, однако в них вырабатываются особые рецепторные вещества, одни из которых реагируют, например, на горькое, другие — на сладкое и т. д.

От рецепторов информация о вкусовых раздражителях по волокнам *языкоглоточного* и частично *лицевого* и *блуждающего нервов* поступает в средний мозг, ядра таламуса и наконец на внутреннюю поверхность височных долей коры больших полушарий, где расположены высшие центры вкусового анализатора.

Вкусовые ощущения формируются у человека раньше всех других. Даже новорожденный младенец способен отличить материнское молоко от воды.

12.7

ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Обоняние обеспечивает восприятие различных запахов. *Обонятельные рецепторы* расположены в слизистой оболочке верхней части носовой полости. Общая площадь, занимаемая обонятельными рецепторами, составляет у человека 3—5 см² (для сравнения: у собаки — около 65 см², у акулы — 130 см²). Чувствительность *обонятельных волосков*, которыми заканчиваются рецепторные обонятельные клетки у человека, тоже не очень велика. Считается, что обоняние собаки приблизительно в 15—20 раз острее, чем у человека. Тем не менее в слизистой оболочке носовой полости человека расположено около 100 млн клеток, воспринимающих запахи. Каждая из этих клеток имеет множество коротких обонятельных волосков, которые выходят в полость носа. Именно с поверхностью этих волосков и взаимодействуют молекулы пахучих веществ.

Сигнал от волосков проходит к телу обонятельной клетки и дальше — в мозг человека. Для информации о запахах путь в мозг очень короткий. Импульсы от обонятельного эпителия поступают, минуя средний и промежуточный мозг, прямо на внутреннюю поверхность височных долей, где в обонятельной зоне формируется ощущение запаха. И хоть по меркам мира животных обоняние у человека неважное, мы способны различать не менее 4 тыс. различных запахов, а по самым последним сведениям — и до 10 тыс.

В настоящее время выделяют *шесть основных запахов*, из которых «складываются» все остальные: *цветочный, фруктовый, зловонный, пряный, смолистый, запах гари*. Чтобы сформировать запах, мельчай-

шие частицы вещества — молекулы должны попасть в полость носа и взаимодействовать с рецептором на волоске обонятельной клетки. Совсем недавно выяснилось, что эти клетки различаются, так как изначально настроены на определенный вид запаха и распознают пахучие молекулы по их размеру и форме. Часть нервных импульсов от обонятельного эпителия поступает не в височные доли коры, а в миндалевидный комплекс лимбической системы. Как уже отмечалось, в этих структурах находятся также центры тревоги и страха.

Обнаружены такие вещества, запах которых способен вызывать у людей ужас, запах же лаванды, напротив, успокаивает, делая людей на время более добродушными. Вообще, любой незнакомый запах должен вызывать неосознанную тревогу, ведь для наших далеких предков это мог быть запах человека-врага или хищного животного. Вот нам и передалась по наследству такая способность — реагировать на запахи эмоциями. Запахи прекрасно запоминаются и способны пробуждать эмоции давно забытых дней, как приятные, так и неприятные.

Признаки того, что младенец способен различать запах, начинают проявляться к концу первого месяца жизни, но какого-либо предпочтения определенным ароматам малыш сначала не оказывает.

14.8

БОЛЬ

Боль — это неприятные ощущения, которые свидетельствуют о повреждении организма или об угрозе этого вследствие травмы или болезни.

Аристотель считал, что у человека есть пять видов ощущений: зрение, слух, запах, вкус, осязание. Боль он не включил в этот список и назвал «страстью души».

Боль воспринимается разветвленными окончаниями особых нервов. Таких окончаний в коже человека не менее миллиона. Кроме того, запредельно сильное воздействие на любой рецептор — зрительный, слуховой, тактильный и др. — приводит к формированию в головном мозге болевого ощущения. Высший болевой центр находится в таламусе и именно там формируется ощущение боли. Если стукнуть молотком по пальцу, то сигнал от болевых окончаний и других рецепторов направится в вентральные ядра таламуса, в них боль возникнет и будет спроецирована на то место, по которому стукнул молоток.

Формирование болевых ощущений очень сильно зависит от эмоционального состояния и уровня интеллекта человека. Например, люди пожилого и среднего возраста легче переносят боль, чем молодые, и тем более дети. Интеллигентные люди всегда более сдержанны во внешнем проявлении боли. По-разному относятся к страданиям и люди различных рас и народов. Так, жители Средиземноморья реагируют на болевые воздействия гораздо сильнее, чем немцы или голландцы.

Оценивать силу боли вряд ли можно объективно: уж очень различается чувствительность к боли у разных людей. Она может быть повышенной, пониженной и даже совсем отсутствовать. Вопреки преобладающему мнению, мужчины гораздо терпеливее женщин, да и сильные болевые ощущения возникают у представителей различных полов в разных органах (рис. 14.5). Повышенная болевая чувствительность женщин определяется теми гормонами, которые вырабатывает их организм. Но в период беременности, особенно в ее конце, болевая чувствительность значительно снижается для того, чтобы женщина меньше страдала в процессе родов.

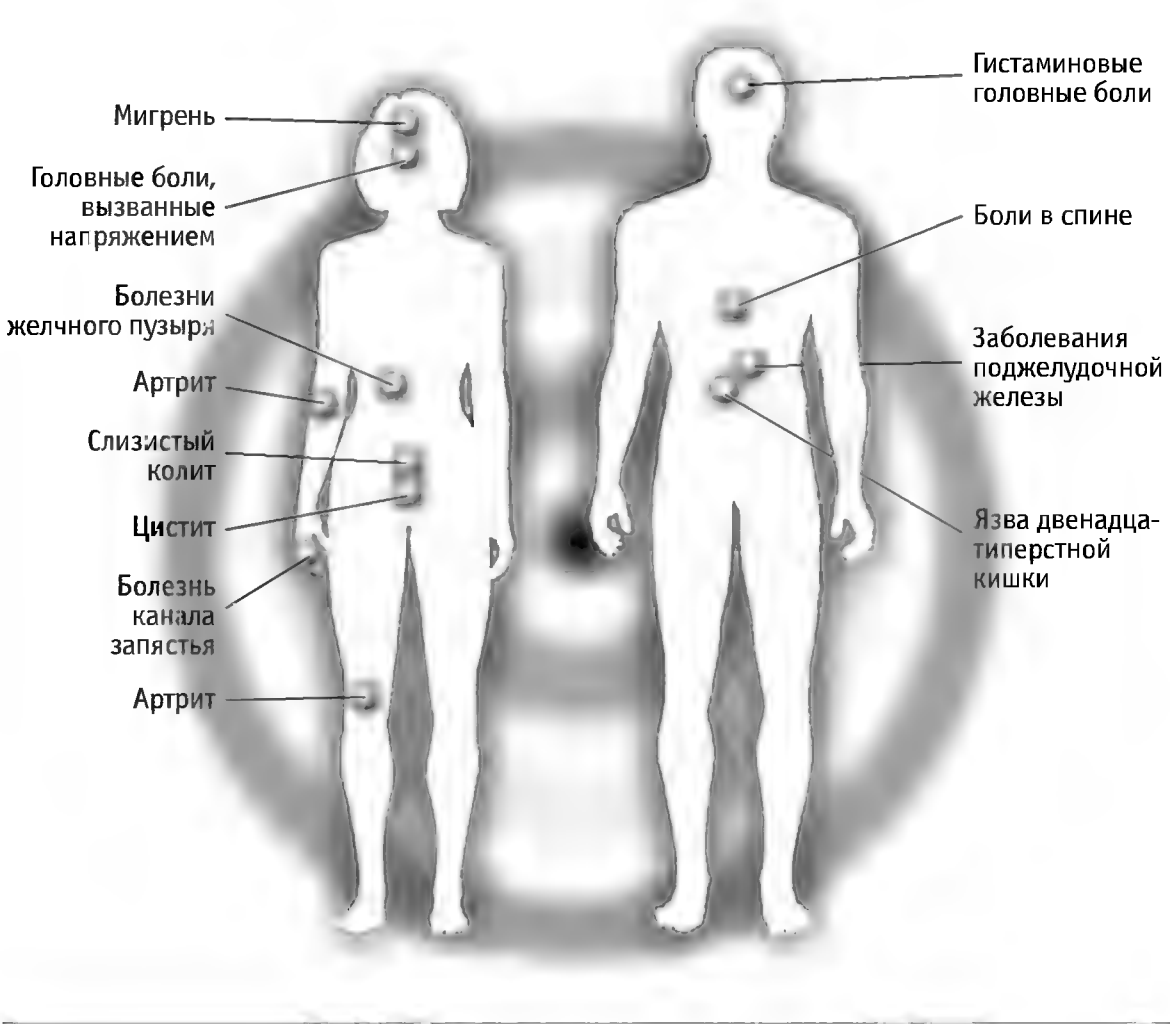


Рис. 14.5. Болевые точки у женщин и мужчин

В настоящее время в арсенале медиков имеются очень хорошие длительно действующие обезболивающие лекарства — *анальгетики*. Местные анальгетики надо ввести туда, где возникает боль, например в область удаляемого зуба. Такие лекарства блокируют проведение импульсов по болевым путям в мозг, но действуют они не очень долго. Для общей анестезии приходится погружать человека в бессознательное состояние при помощи особых веществ. Самыми лучшими блокаторами боли являются вещества, сходные с морфином. Но, к сожалению, их использование не может быть широким, так как все они приводят к возникновению наркотической зависимости.

РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

15.1

ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

Воспроизведение себе подобных у человека происходит при помощи полового размножения, хотя случай образования однояйцовых близнецов, когда зародыш на ранних стадиях дробления разделяется на два организма, следует рассматривать как вариант бесполого размножения. Новый человек образуется в результате слияния половых клеток — *гамет*, образующихся в половых железах: в *яичниках* — яйцеклетки, в *семенниках* — сперматозоиды.

Генетические закономерности наследственности являются универсальными для всех живых существ, в том числе и для человека. В разделе, посвященном происхождению человека, уже говорилось о том, что все признаки закодированы в 23 парах хромосом, половина из которых достается человеку от матери, а вторая половина — от отца. В наши дни, когда составлены карты хромосом, т. е. известно относительное расположение в них генов, казалось бы, наследственность человека практически изучена. Однако это далеко не так. Существует более 200 наследственных болезней человека, и поэтому исследования в этой области продолжаются. В результате таких заболеваний около 15% зародышей погибают еще до рождения, 3% — при рождении, 3% младенцев не доживают до взрослого состояния, 20% людей не могут вступить в брак, а 10% вступивших в брак не могут иметь детей. Просто удивительно, как при таком раскладе человечество не вымирает, а даже умножается...

Надо сказать, что исследовать генетику человека довольно сложно. В о - п е р в ы х, невозможно получить потомство именно от той пары людей,

которая интересна ученым. Ну не любят эти люди друг друга, и семьи у них уже есть. Хотя попытки целенаправленного получения людей с заранее заданными признаками делались неоднократно. Взять хотя бы нацистскую Германию. Во-вторых, люди — не мушки-дрозофилы, и проведение опытов по получению искусственных мутантов расходится с понятиями о человечности. Но даже допустимые наблюдения за развитием тех или иных признаков очень затрудняются из-за малого числа потомков у семейных пар, позднего полового созревания людей и др. Как ни старайся, а большого количества «материала» для исследований быстро получить невозможно.

Как же исследуют генетику человека? Для этого существует несколько методов.

Метод составления родословных, или генеалогический, заключается в сборе информации о представителях многих поколений нескольких родственных семей. Это позволяет определить характер наследования какого-либо интересующего исследователей признака. Метод хороший и, как теперь принято говорить, информативный, но слишком мало мы знаем о своих предках. Ну-ка вспомните, как звали ваших прабабушек и прадедушек... А уж какие у них были глаза и волосы, наверное, никто не скажет. Больше повезло представителям королевских семей. Именно генеалогический метод использовали для определения характера наследования гемофилии в британской королевской семье. Мутация, которая приводит к этой болезни, поразила великую королеву Викторию, а она передала «поврежденный» ген многим своим потомкам.

Популяционный метод заключается в определении частоты встречаемости генов и генотипов в популяции. Статистический анализ распространения тех или иных признаков у разных групп людей показывает, что возникшие мутации могут передаваться из поколения в поколение веками. Таким образом, возникает очень сложная картина генетической неоднородности людей различных национальностей, стран и т. д. Исследования позволяют оценить вероятность рождения ребенка с определенным признаком в данной популяции.

Близнецовый метод основан на том, что разнояйцовые близнецы генетически разнородны, тогда как однояйцовые — одинаковы. Если однояйцовые близнецы воспитывались порознь, в неодинаковых условиях, то различия, возникшие между ними, позволяют определить направленность и степень влияния факторов окружающей среды на их организм.

Цитогенетический метод заключается в изучении хромосом при помощи микроскопа и позволяет определить их число и форму. Например, если



Рис. 15.1. Эритроциты здорового человека (а)
и при серповидноклеточной анемии (б)

в клетках мужчины обнаружена лишняя X-хромосома (т. е. всего хромосом 47, и из них половых — XXУ — три), то это является доказательством заболевания синдромом Клайнфельтера. В настоящее время разработаны специальные методы окраски хромосом, облегчающие их распознавание.

Биохимические методы позволяют определить место и характер мутации по изменениям в составе затронутых мутацией белков. Например, при мутации, ведущей к замене всего одной аминокислоты в огромной молекуле переносчика кислорода — гемоглобина, возникает наследственное заболевание, получившее название **серповидноклеточной анемии**, при котором эритроциты принимают форму полумесяца (рис. 15.1). Исследовав аминокислотный состав гемоглобина и обнаружив замену, можно сразу поставить диагноз.

15.2

МУЖСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

В состав мужской половой системы входят половые органы: *внутренние* — *семенники, семявыносящие протоки, предстательная железа (простата), семенные пузырьки* — и *наружные* — *половой член и мошонка* (рис. 15.2). Парные *семенники (яички)* находятся в *мошонке* — кожно-мускульном мешочке, расположенном вне тела. Во время эмбрионального развития мальчика семенники закладываются и развиваются в нижней части брюшной полости и опускаются в мошонку незадолго до рождения или вскоре после него. Расположение яичек вне полости тела связано с тем, что нор-

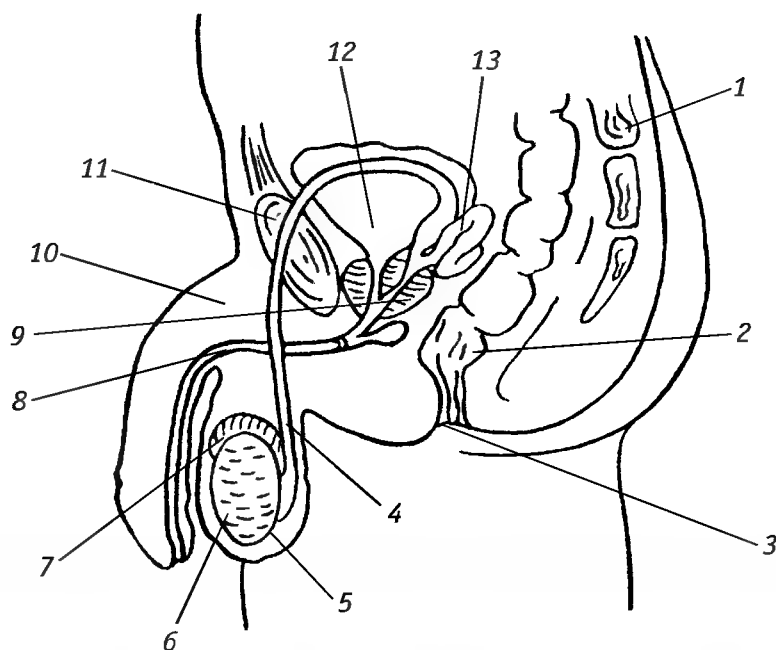


Рис. 15.2. Репродуктивная система мужчины:

1 — крестцовая кость; 2 — прямая кишка; 3 — наружная мышца, сжимающая заднепроходное отверстие; 4 — семявыносящий проток; 5 — мошонка; 6 — семенная железа (яичко); 7 — придаток яичка; 8 — предстательная железа; 9 — семенные пузырьки; 10 — мужской половой член; 11 — мочеиспускательный канал; 12 — лобковая кость; 13 — мочевого пузырь

мальное созревание сперматозоидов (*сперматогенез*) возможно только при пониженной температуре. Семенники имеют длину 3—4 см и массу около 20 г каждый. Семенник состоит из семенных канальцев, в которых с периода половой зрелости и практически до конца жизни мужчины в огромных количествах образуются *сперматозоиды*. В среднем в секунду вырабатывается 1500 сперматозоидов; общее число образующихся в течение жизни мужских половых клеток примерно составляет $8 \cdot 10^{11}$. Зрелые сперматозоиды выталкиваются сокращением гладких мышц из семенника в *семявыносящий проток*, а затем смешиваются с секретами *простаты* и *семенных пузырьков*, образуя *сперму*, или *семенную жидкость*. Наружу сперма поступает по *мочеиспускательному каналу*, проходящему внутри полового члена.

Сперматозоиды были открыты в 1677 г. учеником изобретателя первого микроскопа Антони ван Левенгука Людвигом ван Хаммом. Именно он принес учителю емкость со спермой, утверждая, что увидел в сперме под микроскопом маленькие движущиеся существа. Исследовав сперму, Левенгук послал в Королевское научное общество сообщение об открытии сперматозоидов. Однако для чего они нужны, узнали лишь через много лет.

ЖЕНСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

Женская половая система включает в себя **внутренние** (*яичники, яйцеводы, матка и влагалище*) и **наружные** (*большие и малые половые губы, клитор*) **половые органы** (рис. 15.3).

Парные *яичники* находятся в брюшной полости малого таза. Они имеют длину 3—4 см и массу около 7 г каждый. Предшественники яйцеклеток закладываются в организме будущей девочки еще во время ее эмбрионального развития. К моменту рождения их число составляет несколько тысяч, называются они *ооцитами первого порядка*. Каждый ооцит окружен эпителиальными клетками, образующими пузырек — *фолликул*. Дальнейшее созревание яйцеклеток происходит именно в фолликулах, причем полной зрелости достигают лишь 300—400 яйцеклеток. Период, в течение которого женщина способна к размножению, длится около 30 лет, после чего яичники постепенно перестают функционировать. По мере созревания ооцита эпителий фолликула разрастается, в нем появляется полость, заполненная жидкостью. Раз в 28 дней (в среднем) стенка яичника разрывается в том месте, где

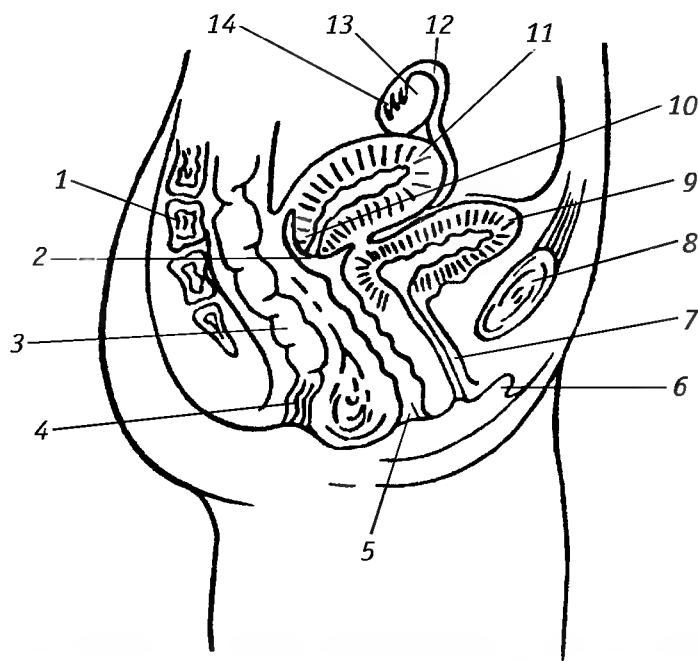


Рис. 15.3. Репродуктивная система женщины:

1 — крестцовая кость; 2 — устье матки; 3 — прямая кишка; 4 — сфинктер заднего прохода; 5 — влагалище; 6 — клитор; 7 — мочеиспускательный канал; 8 — лобковая кость; 9 — мочевой пузырь; 10 — шейка матки; 11 — тело матки; 12 — яйцевод; 13 — яичник; 14 — бахромки маточной трубы

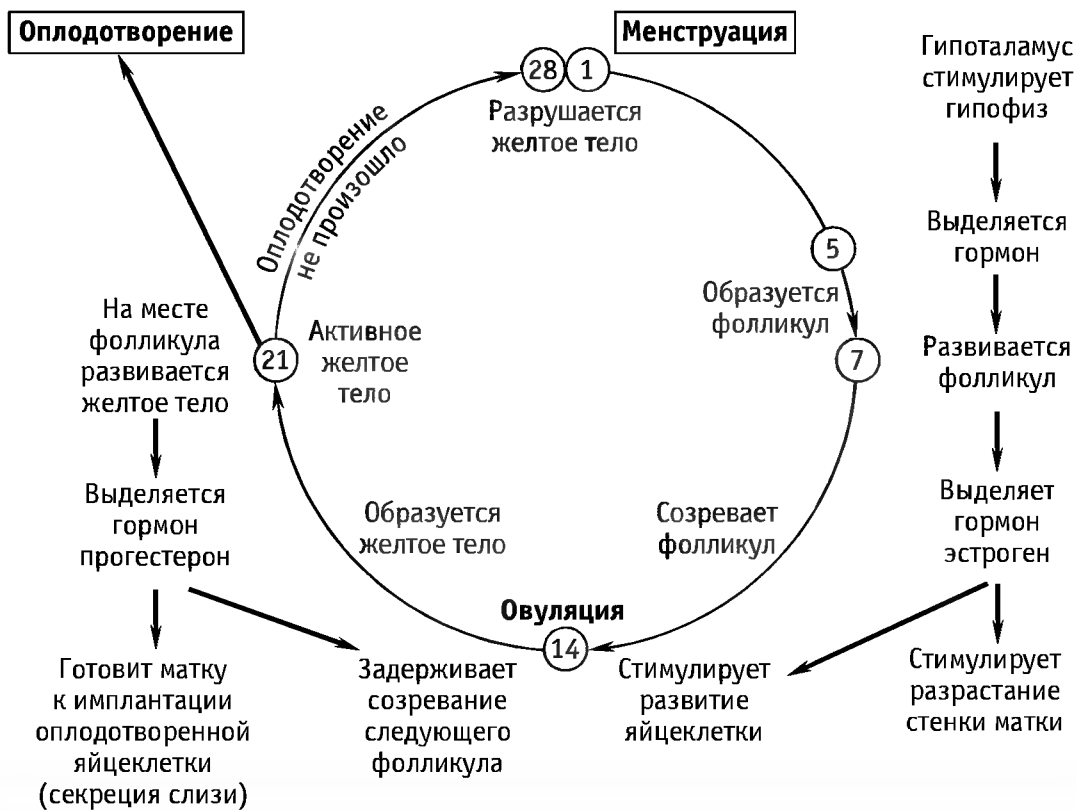


Рис. 15.4. Менструальный цикл (цифрами обозначены дни цикла)

изнутри к ней прилежит фолликул, и яйцеклетка выходит в брюшную полость, откуда через бахромчатую воронку попадает в *яйцевод (маточную трубу)*. Этот процесс называется *овуляцией*. Момент овуляции сопровождается повышением температуры в прямой кишке на $0,5^{\circ}\text{C}$. Обычно овуляция происходит поочередно то в левом, то в правом яичнике.

На месте лопнувшего фолликула быстро развивается временная железа внутренней секреции — *желтое тело*, в которой вырабатывается гормон *прогестерон*. Если яйцеклетка оплодотворена, т. е. наступила беременность, то прогестерон будет обеспечивать ее протекание. Если же беременность не наступила, то желтое тело на 13—14-й день после овуляции прекращает выделение прогестерона и разрушается. В это время разросшаяся под действием прогестерона слизистая оболочка матки отторгается. При этом лопаются довольно крупные кровеносные сосуды и начинается *менструация* (рис. 15.4).

После того как яйцеклетка попала в яйцевод, она начинает продвигаться по направлению к *матке* за счет сокращения гладких мышц *яйцевода* и движений ресничного эпителия его стенок. В яйцеведе происходит окончательное созревание яйцеклетки, и здесь же она может быть оплодотворена сперматозоидом. Если оплодотворение не произошло, то яйцеклетка выходит в полость матки, где разрушается.

ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ

Половые железы закладываются у человека в эмбриональном периоде, но мальчики и девочки рождаются с незрелыми семенниками и яичниками, т. е. не способными выполнять свои функции по продолжению человеческого рода. У разных людей половое созревание начинается в разное время. Это время зависит от того, к какому народу принадлежит ребенок, от условий его жизни, а также многих других факторов. В наши дни половое созревание начинается в 11—15 лет, чаще — в 13 лет; у девочек в среднем на год-два раньше, чем у мальчиков. Получается, что сейчас люди становятся половозрелыми гораздо раньше, чем, например, в начале 19 в. Тогда половое созревание начиналось только в 15—16 лет, а заканчивалось где-то к 18—20 годам. Правда, и в наше время начало этого процесса может значительно задержаться, например из-за скудного рациона питания или длительного инфекционного заболевания. В период полового созревания и мальчики, и девочки очень быстро растут и прибавляют в весе. Так, в этот период рост может увеличиться за год сантиметров на 20! Увеличивается размер внутренних органов, возрастает давление крови. Все это требует больших затрат энергии. Кроме того, бурно развивающемуся организму нужен кальций для растущих костей, железо для гемоглобина крови и многое другое. Иногда кости рук и ног удлиняются так быстро, что мышцы не успевают вырасти параллельно с ними, растягиваются, и это может вызвать болезненные, но не опасные судороги.

Половое созревание определяется деятельностью нейроэндокринной системы и является очень сложным и многосторонним процессом.

У мальчиков гормоны обеспечивают рост полового члена и определяют его способность к эрекции, которая необходима для полового акта. Утолщается кожа мошонки, в яичках начинается образование сперматозоидов. Предстательная железа (простата) и семенные пузырьки вырабатывают жидкость, которая является средой для жизни сперматозоидов. Параллельно с изменениями в половых органах происходит формирование вторичных мужских половых признаков: увеличивается гортань, становится ниже голос, появляются волосы на лице, руках, груди, лобке, в подмышечных впадинах; кожа делается более жирной, на ней могут появиться угри, так как протоки сальных желез забиваются кожным салом; меняется форма тела: плечи становятся шире, ноги длиннее, увеличивается масса мышц.

У девочек в этот период быстро развиваются молочные железы и происходит становление менструального цикла. Яичники производят зрелые яйцеклетки, способные к оплодотворению, а также гормоны, необходимые для нормального функционирования женской репродуктивной системы. Голос практически не меняется, но происходит оволосение по женскому

типу. Интересно, что к появлению волос на лобке и подмышечных впадинах приводят мужские половые гормоны, которые вырабатываются и в женском организме, но в малых количествах.

В результате полового созревания яичники и семенники приходят в состояние «полной боевой готовности» и начинают устойчиво вырабатывать половые клетки. И яйцеклетки, и сперматозоиды возникают в результате особого способа деления клеток, исходно содержащих двойной набор хромосом — 46.

Для чего Природой изобретен способ деления, в результате которого хромосомный набор в половых клетках уменьшается в два раза и становится равным 23?

Дело в том, что в процессе оплодотворения ядра яйцеклетки и сперматозоида сливаются, и в ядре восстанавливается то число хромосом, которое свойственно каждой соматической клетке нашего тела, т. е. 46. Представьте, что в

процессе оплодотворения участвовали бы клетки с числом хромосом 46. Тогда при слиянии ядер в них оказалось бы 92 хромосомы ($46 + 46$). Ну а что дальше? С каждым поколением хромосомный набор возрастал бы двукратно... Чтобы не допустить такого развития событий, при созревании половых клеток обязательно происходит мейоз, или деления созревания, в результате которого происходит редукция (уменьшение) числа хромосом и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное (рис. 15.5).

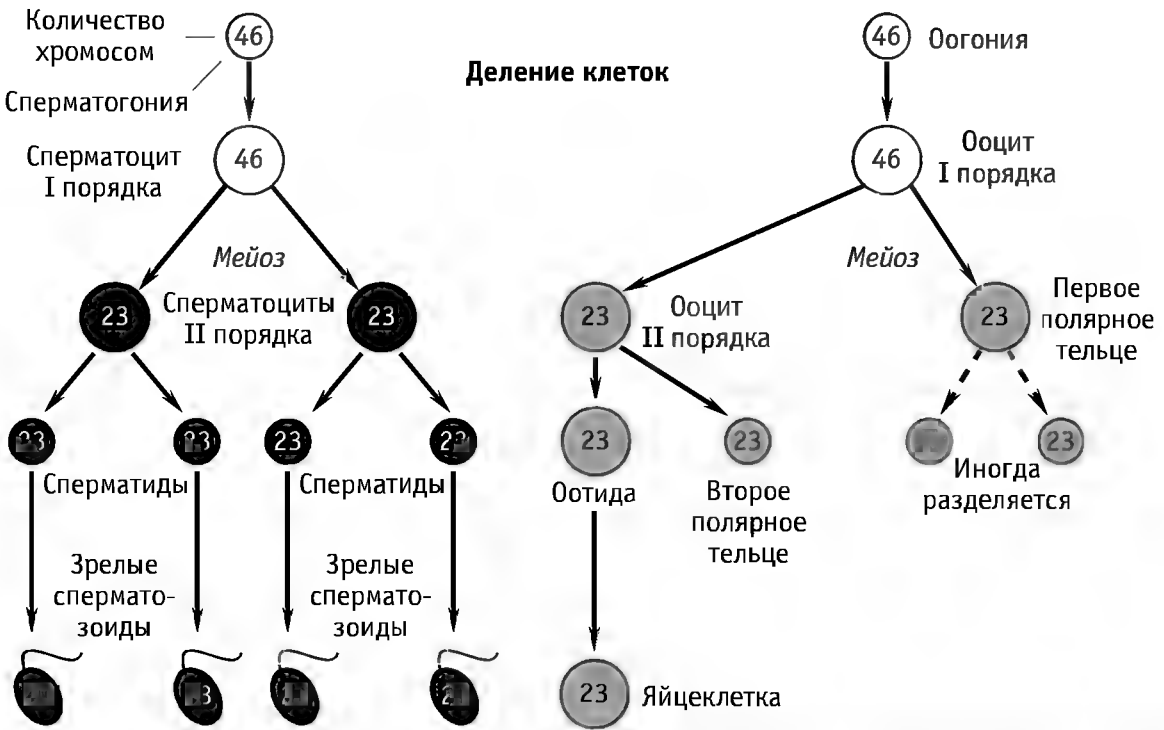


Рис. 15.5. Созревание сперматозоидов и яйцеклеток

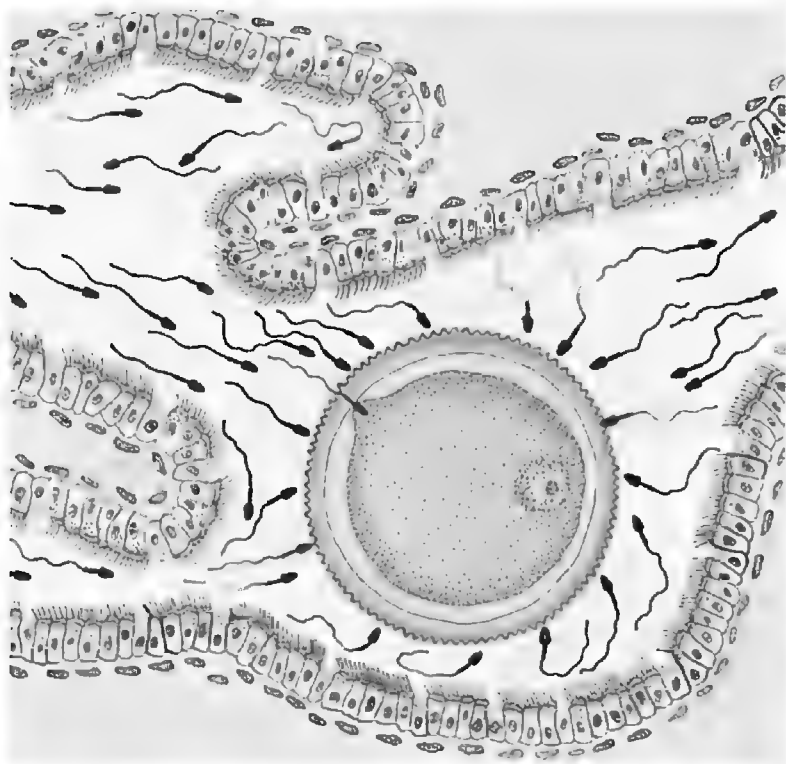


Рис. 15.6. Яйцеклетка и сперматозоиды

Яйцеклетка — довольно крупное образование. Вместе со своим внешним слоем, называемым *прозрачной зоной*, она имеет диаметр около 0,2 мм, ее даже можно разглядеть невооруженным глазом (рис. 15.6). А вот сперматозоиды очень малы, диаметр *головки* сперматозоида не превышает 0,005 мм (рис. 22 цв. вкл.). В этой головке помещаются те самые 23 хромосомы, о которых шла речь выше, а также специальные ферменты, необходимые для растворения оболочек яйцеклетки (иначе ядро сперматозоида не проникнет в цитоплазму яйцеклетки). Двигается сперматозоид при помощи *жгутика*.

Строение сперматозоида и яйцеклетки изучали достаточно долго и не сразу поняли, как они устроены. Первые ученые-микроскописты даже разделились на два лагеря: одни считали, что в яйцеклетке спрятан мельчайший человечек, который может начать развиваться только после того, как яйцеклетка будет простимулирована сперматозоидом. Другие уверяли, что яйцеклетка — это что-то вроде инкубатора, а маленький человечек находится в сперматозоиде, который и приносит его в яйцеклетку для роста и развития (рис. 23 цв. вкл.). Тот факт, что сперматозоиды нужны для оплодотворения яйцеклетки, был окончательно установлен только в 19 в.

Готовые к оплодотворению сперматозоиды собираются в семенниках и могут около месяца дожидаться своего часа. Созревающая яйцеклетка не

способна самостоятельно двигаться по маточным трубам яйцевода, ее проталкивают по направлению к матке ворсинки ресничного эпителия, выстилающего маточные трубы изнутри.

15.5

ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Оплодотворение у человека, как и у других млекопитающих, происходит после полового акта, в результате которого сперматозоиды попадают внутрь организма женщины. Такое оплодотворение называется *внутренним*. Кстати, связь между половым актом и началом развития ребенка стала окончательно понятна европейцам относительно недавно — в 17—18 вв.

Оплодотворением называется процесс слияния яйцеклетки и сперматозоида, когда сливаются их гаплоидные ядра и образуется зигота — клетка с диплоидным ядром, дающая начало новому организму. У человека нормальное оплодотворение происходит в верхней трети яйцевода. Оптимальные сроки для оплодотворения — 12 ч после овуляции. При одном выбросе сперматозоидов (*эякуляции*) во влагалище попадают около 200 млн мужских половых клеток, однако в полость матки проникает гораздо меньшее их количество и лишь несколько сотен доходят по яйцеводу до спускающейся им навстречу яйцеклетки (рис. 15.7). Множество сперматозоидов окружают яй-

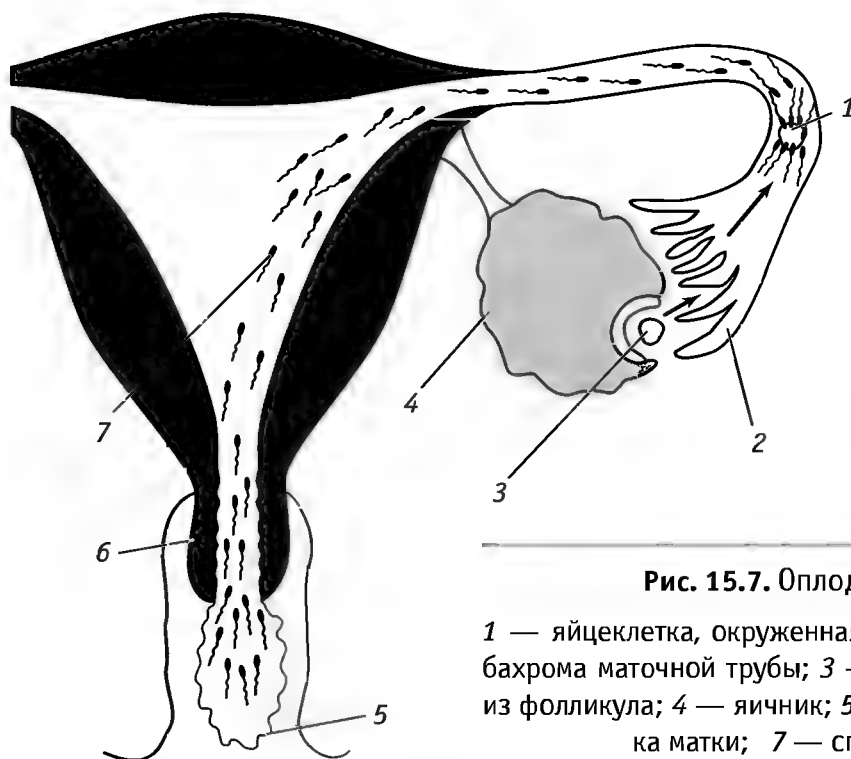


Рис. 15.7. Оплодотворение:

1 — яйцеклетка, окруженная сперматозоидами; 2 — бахрома маточной трубы; 3 — яйцеклетка, вышедшая из фолликула; 4 — яичник; 5 — влагалище; 6 — шейка матки; 7 — сперматозоиды

цеклетку, поверхность их головок вступает в контакт с ее оболочками. При этом сперматозоиды выделяют фермент, увеличивающий проницаемость оболочек яйцеклетки. Наконец ядро одного сперматозоида проникает в цитоплазму яйцеклетки и вокруг яйцеклетки образуется особая оболочка, препятствующая проникновению других сперматозоидов.

Хромосомы мужчины и женщины встречаются в центре яйцеклетки. В результате образуется клетка с двойным (23 + 23) набором хромосом — *зигота*. В этой клетке заключена генетическая информация, необходимая для развития нового человеческого существа. Фолликул, в котором развивалась оплодотворенная яйцеклетка, превращается в железу внутренней секреции — *желтое тело*. Гормоны желтого тела тормозят дальнейшее созревание новых фолликулов, что предотвращает новое оплодотворение, а также обеспечивают нормальное развитие зиготы.

В момент оплодотворения закладывается пол будущего человека. Если в сперматозоиде, оплодотворившем яйцеклетку, была X-хромосома, то родится девочка, а если Y-хромосома — мальчик (рис. 15.8). Количество сперматозоидов с X- и Y-хромосомами теоретически должно быть одинаковым. Однако мальчиков рождается приблизительно на 8% больше, чем девочек. Но мальчики чаще болеют и больше подвержены травмам. Поэтому к 20 годам юношей может быть даже меньше, чем девушек. Кроме того, в условиях социальных потрясений — революций, войн — рождается досто-

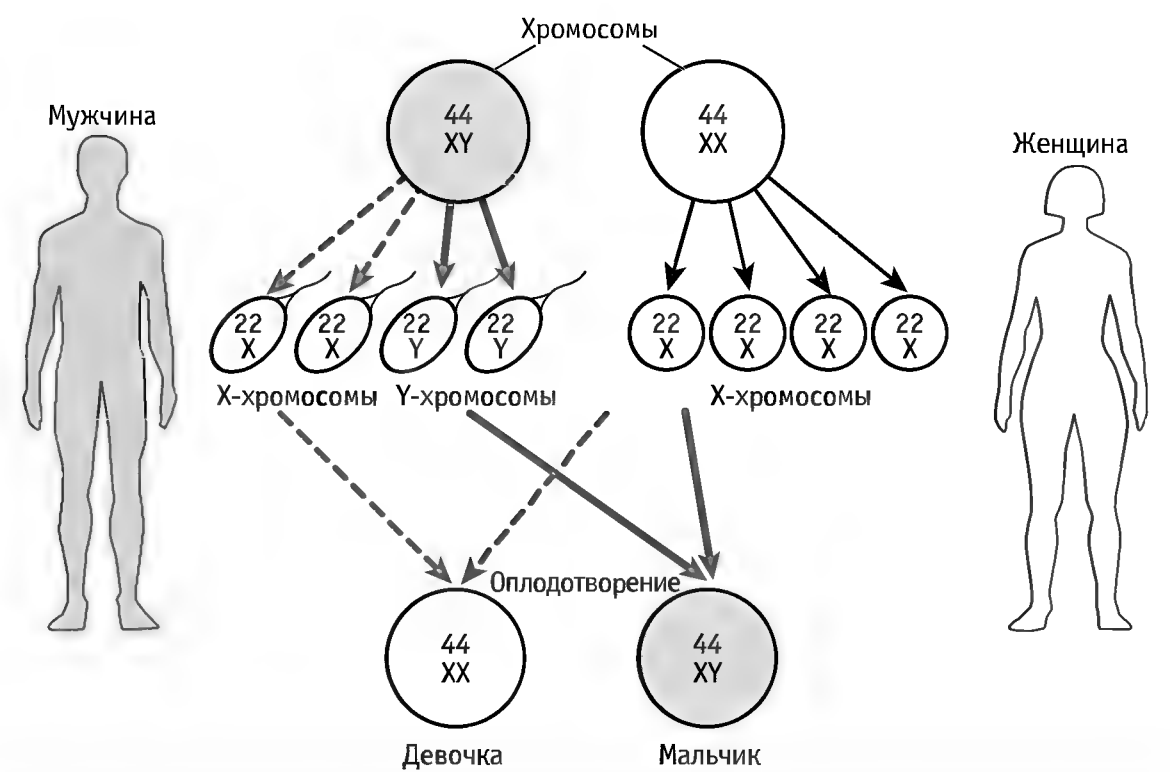


Рис. 15.8. Наследование пола

верно больше мальчиков, чем девочек. Это означает, что яйцеклетки способны распознавать и в какой-то степени «выбирать» сперматозоиды с X- или Y-хромосомой.

15.6

КОНТРАЦЕПЦИЯ

Размножение — обязательное свойство всех живых организмов. У большинства животных размножение носит сезонный характер и новое поколение появляется в тот момент, когда его легче прокормить. Человек же готов к размножению постоянно: с момента полового созревания и до старости.

Для того чтобы держать процесс размножения под контролем, люди прибегают к контрацепции. *Контрацепция* — это предотвращение беременности. Она предполагает половые сношения без зачатия ребенка. Вопрос о контрацепции — очень личный, и многие люди по религиозным или по каким-либо иным мотивам отвергают применение контрацептивных средств. Однако контрацепция появилась очень давно. Еще древние египтянки применяли для предотвращения беременности шарики, сделанные из смеси крокодильего помета, меда и соды.

Сейчас наука шагнула далеко вперед, и добывать такой экзотический продукт, как помет крокодила, нет необходимости. Многие люди вообще стараются не пользоваться для контрацепции какими-либо устройствами или химическими веществами. Они прибегают к так называемым естественным методам.

Один из наиболее распространенных естественных методов контрацепции иногда называют *календарным*. Суть его в следующем. Яйцеклетка выходит из фолликула в среднем за 14 дней до начала менструации и сохраняет жизнеспособность около суток. Сперматозоиды активны максимально пять суток. Поэтому отказ от половых сношений в течение шести дней до овуляции и трех дней после овуляции делают оплодотворение теоретически невозможным, конечно, при условии достаточной регулярности менструальных циклов у женщины. У немалого количества женщин этот цикл не всегда стабилен, кроме того, овуляция может произойти раньше срока из-за физических или психических нагрузок, болезни. Поэтому для повышения надежности предохранения от нежелательной беременности необходимо контролировать температуру тела, которая несколько снижается перед овуляцией и немного повышается во время выхода зрелой яйцеклетки из фолликула.

Широкое распространение получили **внутриматочные средства** контрацепции. Это небольшие приспособления, которые вводят в полость матки. Общее название всех этих приспособлений — *спирали*, хотя они могут иметь различную форму. Спирали не способны препятствовать оплодотворению, но оплодотворенная яйцеклетка благодаря спирали не может внедриться в стенку матки и продолжить деление. Внутриматочные средства довольно надежны и редко вызывают побочные эффекты, кроме того, их можно устанавливать на несколько лет.

Барьерные контрацептивы, наверное, самые древние. Их задача — создать непроницаемый барьер между яйцеклеткой и сперматозоидом. Самые известные из этих средств — *презервативы*, которые надевают на пенис непосредственно перед половым актом. Презервативы появились давно, еще в 18 в. ими пользовался легендарный соблазнитель Казанова. Следует иметь в виду, что, помимо защиты от нежелательной беременности, презервативы служат надежным средством, позволяющим почти полностью избежать заражения **болезнями, передающимися половым путем**, т. е. во время полового контакта. Большинство из этих заболеваний поражает не только органы половой и выделительной систем, но и весь организм человека, хотя и называют их *венерическими*. К венерическим болезням относятся **гонорея, сифилис** и др. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) также довольно часто передается при половом контакте. Хотя через неповрежденные слизистые оболочки женских и мужских половых органов вирус проникнуть не может, но трудно быть уверенным в том, что где-то в укромном месте нет маленькой царапины или язвочки. При гомосексуальных половых контактах слизистая оболочка прямой кишки травмируется гораздо чаще, поэтому первые массовые заболевания СПИДом наблюдались среди гомосексуалистов. Предотвратить контакт между яйцеклеткой и сперматозоидом может также специальный *колпачок*, надеваемый на шейку матки. Для большей надежности такой колпачок покрывают специальным веществом, убивающим сперматозоиды.

В 1960-е гг. появились и быстро получили широкое распространение **гормональные противозачаточные средства**. У женщины, принимающей такие средства, изменяется гормональный фон, и овуляция не происходит. А значит, из фолликула не выходит зрелая яйцеклетка, и сперматозоиды остаются без работы. Делаются попытки создания противозачаточных таблеток для мужчин. Эти таблетки содержат вещества, которые не допускают созревания сперматозоидов или препятствуют их движению по направлению к яйцеклетке и слиянию с ней.

Наконец, самым надежным, но, по понятным причинам, редким способом контрацепции является **стерилизация**. При стерилизации перерезают или перевязывают маточные трубы у женщин или семенные протоки у муж-

чин. Эти операции считаются несложными и дают стопроцентную гарантию контрацепции. На половом влечении и сексуальной активности стерилизация не сказывается, так как работа эндокринной системы при этом не затрагивается. Но стерилизация необратима, и пользуются ею в исключительных случаях.

15.7

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЗАРОДЫША И РОДЫ

Индивидуальное развитие человека — **онтогенез** — подразделяют на два крупных периода: эмбриональный и постэмбриональный.

Эмбриональный период продолжается от момента оплодотворения до рождения ребенка и длится около 280 суток (40 недель). Рассмотрим его более подробно.

После оплодотворения клетка с двойным набором хромосом — **зигота** — около суток «отдыхает». Затем прямо в маточной трубе начинается процесс *дробления*: зигота приступает к последовательным митотическим делениям. Первое деление происходит в вертикальной плоскости, зигота делится на две одинаковые клетки, которые называются *бластомерами*. Бластомеры не расходятся, а делятся еще раз; образуются четыре клетки. Третье деление осуществляется в горизонтальной плоскости, и из четырех образуется восемь бластомеров. Далее деления в продольном и поперечном направлениях сменяют друг друга, число бластомеров растет. Деления идут очень быстро, бластомеры не растут, а даже постепенно уменьшаются в размерах. Со временем бластомеры располагаются в один слой и образуют полый шарик — **б л а с т у л у** (рис. 15.9). Полость внутри бластулы получила название *первичной полости тела*, или *бластоцели*. В течение всего процесса дробления зародыш движется по маточной трубе по направлению к матке. Перемещаться его заставляют сокращения гладких мышц маточной трубы и колебания выстилающих трубу ресничек. На 6-е сутки после оплодотворения бластула попадает в матку. Около суток зародыш находится в полости матки, на 7-е сутки он внедряется в ее стенку — происходит *имплантация*.

На одном из полюсов бластулы клетки ее стенки в результате быстропротекающих митотических делений начинают впячиваться внутрь первичной полости тела (см. рис. 15.9). Так образуется **второй, внутренний** слой клеток зародыша. Получившийся двухслойный шарик называется **гастролой**. Наружный слой клеток гастролы называется *эктодермой*, или *наружным зародышевым листком*, а внутренний — *энтодермой*. По-

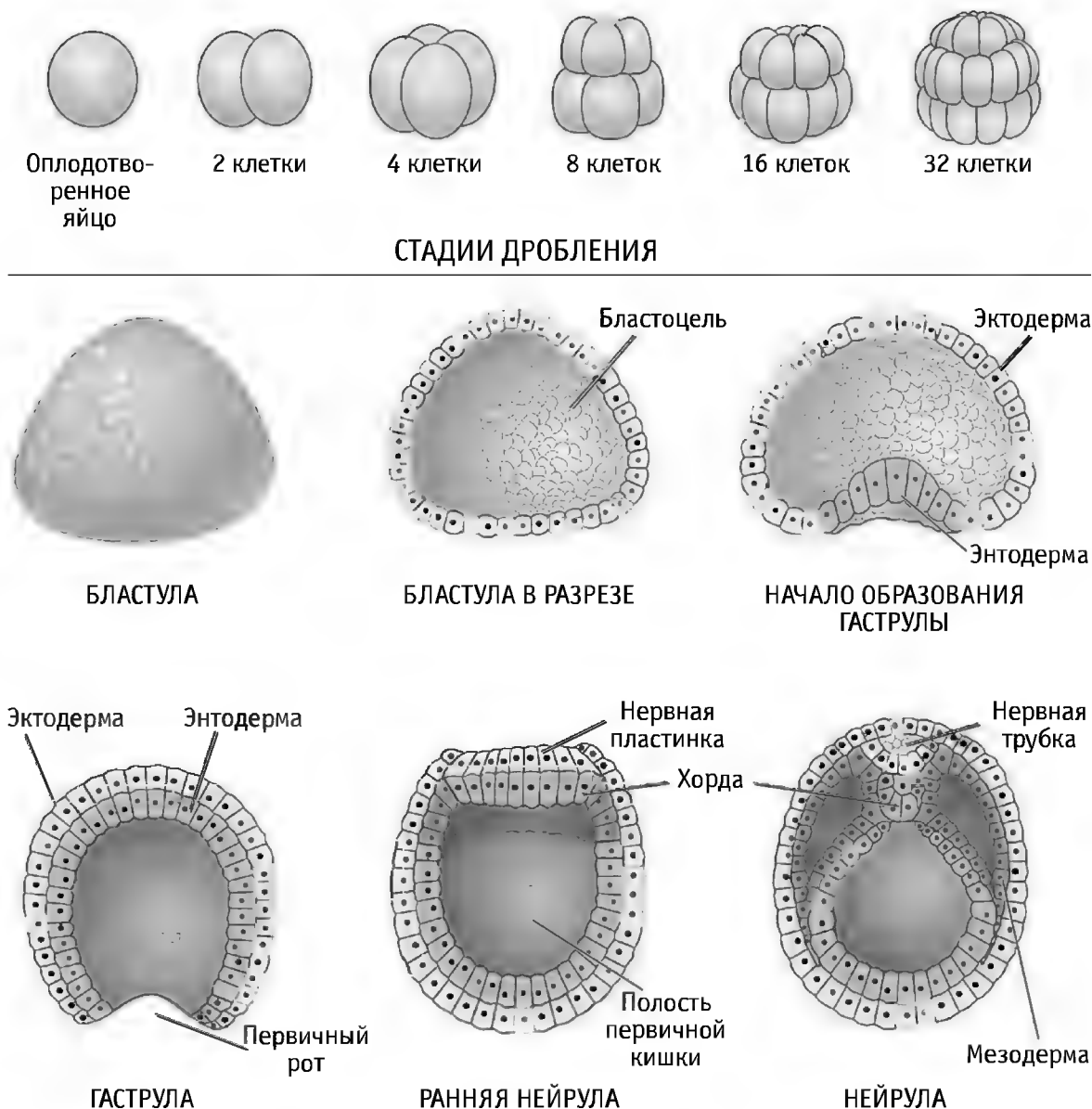


Рис. 15.9. Развитие зародыша

лость, образовавшаяся внутри гастролы, называется *первичной кишкой*, а отверстие, ведущее в первичную кишку, — *первичным ртом* (см. рис. 15.9). Затем между эктодермой и энтодермой образуется *третий зародышевый листок* — *мезодерма*. В этот период закладываются *внезародышевые органы*, необходимые для нормального развития зародыша. Это *аллантоис*, *желточный мешок*, *амнион* и *хорион*. Из *аллантоиса* и *хориона* в дальнейшем образуется *плацента*, которая связывает эмбрион с сосудистой системой материнского организма. *Желточный мешок* временно выполняет кроветворные функции, кроме того, в его стенках закладываются первичные половые клетки, перемещающиеся затем в зачатки половых желез. *Амнион* представляет собой защитный мешок, заполненный жидкостью. В нем заро-

дыш развивается все девять месяцев, разрывается он только в начале родов. На 14—15-е сутки устанавливается непосредственный контакт между ворсинками хориона и сосудами слизистой оболочки матки — начинается образование плаценты, завершающееся к концу 8-й недели внутриутробного развития. *Плацента* представляет собой диск, одна часть которого образуется из слизистой оболочки матки (*материнская часть*), а другая — из ворсинчатого хориона (*детская часть*). Кровь матери и плода в плаценте не смешивается, и обмен веществами между ними осуществляется через тончайший эпителий сосудов. Весь период внутриутробного развития плод получает из крови матери питательные вещества, кислород, гормоны и др.; из плода в организм матери поступают продукты обмена, предназначенные для выделения. Кроме того, плацента является временной железой внутренней секреции, из клеток хориона выделяются гормоны, необходимые для нормального течения беременности.

Из каких зародышевых листков формируются те или иные системы человеческого организма?

Из **эктодермы** образуется нервная пластинка (см. рис. 15.9), которая в дальнейшем развивается в нервную трубку. У позвоночных животных из

нервной трубки образуются спинной и головной мозг. Из эктодермы формируются также органы зрительной, обонятельной и слуховой систем, а также наружный слой кожи.

Клетки **энтодермы** образуют трубку — будущий кишечник; выросты зачатка кишечника впоследствии превращаются в печень, поджелудочную железу и легкие.

Большая часть организма образуется из третьего зародышевого листка — **мезодермы**. Из нее развиваются хрящевой и костный скелет, почки, мышечная, половая и сердечно-сосудистая системы.

Далеко не сразу эмбрион делается похожим на маленького человечка. Ведь во время внутриутробного развития человек, как и все другие млекопитающие, проходит путь развития своего биологического вида: сначала он похож на ланцетника, потом напоминает маленькую рыбку, затем у него появляются черты земноводных и рептилий. Все эти превращения происходят довольно быстро, и к началу 6-й недели с момента оплодотворения эмбрион уже выглядит как маленький человечек, хотя его длина лишь немного превышает 1 см (рис. 24 цв. вкл.). Позвоночник эмбриона в этот период еще хрящевой, но на ручках и ножках уже есть пальцы, начинает биться сердце.

К концу 8-й недели заканчивается закладка органов, происходит дифференцировка всех систем организма: кровеносной, пищеварительной, нервной, выделительной. Зародыш имеет массу 5 г и длину около 4 см. Начиная с 9-й и до 40-й недели, когда беременность заканчивается родами, происходит развитие и рост плода. На 5-м месяце беременности мать начинает ощу-

щать движения плода, хотя двигаться он начинает несколько раньше. К моменту завершения эмбрионального периода, т. е. к родам, плод имеет массу около 3 кг и длину около 50 см.

Процесс родов регулируется рядом гормонов. Во время беременности уровень *эстрогенов* в материнской крови постоянно растет. Эстрогены повышают чувствительность матки к *окситоцину*, стимулирующему сокращения ее мышц. В норме через 40 недель беременности шейка матки расслабляется, а остальные мышцы матки под действием окситоцина начинают концентрически сдавливать амниотический мешок, выталкивая плод. При этом стимулируются многочисленные механорецепторы шейки матки и влагалища, их возбуждение передается в мозг и приводит к усилению выброса окситоцина. Таким образом, родовая деятельность поддерживается до полного изгнания плода и плаценты из организма матери. С первым в жизни криком легкие новорожденного наполняются воздухом, и он начинает дышать самостоятельно. После этого плацента разделяется на две части, ее детская часть с оболочками плода также выходит наружу. На этом заканчивается эмбриональный период развития человека.

15.8

БЕСПЛОДИЕ

Как уже отмечалось, значительное количество семейных пар остаются бесплодными. Причин этого много. Если супруги страдают бесплодием, им необходима помощь врача. Врач в первую очередь предложит мужчине сдать анализ спермы для того, чтобы проверить количество и качество сперматозоидов. Если общее количество сперматозоидов при эякуляции в норме, а из них более 40% — активны и не имеют внешних отклонений в строении, считается, что причина бесплодия кроется в организме женщины. В этом случае у женщины исследуют матку, маточные трубы для того, чтобы попытаться обнаружить отклонение в строении или инфекционные заболевания.

Очень часто причиной бесплодия женщин является нарушение гормональной регуляции овуляции. Среди других частых причин бесплодия — инфекционные заболевания половых органов или неправильное использование лекарств. Случается, что матка недоразвита или имеет дефектное строение. Иногда слизистая оболочка матки не может имплантировать дробящийся зародыш, и он погибает.

У мужчин свои проблемы. Считается, что мужчина является практически бесплодным, если при эякуляции у него происходит выброс менее чем

2 млн сперматозоидов. Иногда сперматозоидов образуется достаточно, но их подвижность в женских половых органах снижена, и они не способны достичь яйцеклетки. Вообще-то, сравнивая размеры сперматозоидов с тем расстоянием, которое им надо преодолеть в чужеродной среде, чтобы добраться до яйцеклетки, можно только удивляться, как человечество еще существует.

При некоторых заболеваниях возникает непроходимость семенных канальцев, по которым сперма поступает в пенис. Количество и подвижность сперматозоидов снижаются при гормональных нарушениях, радиационном облучении, использовании некоторых лекарственных средств. Очень опасно заболевание эпидемическим паротитом, которое в просторечии называется *свинкой*. Эта болезнь у взрослых мужчин довольно часто является причиной бесплодия.

В редких случаях наблюдается несовместимость половых клеток мужчины и женщины, при которой иммунная система женщины воспринимает сперматозоиды мужчины как вредоносные факторы и вырабатывает уничтожающие их антитела.

Л е ч е н и е бесплодия определяется его причинами: иногда вводят те или иные гормоны, в некоторых случаях прибегают к хирургическому вмешательству.

В последние десятилетия, если лечение не приводит к желаемому результату, довольно часто прибегают к «оплодотворению в пробирке». Для этого у женщины берут яйцеклетки, помещают их в сосуд с питательной средой, а затем добавляют туда сперму. Если все пройдет как надо и произойдет оплодотворение, то зиготу через специальный зонд вводят в матку. Однако в некоторых случаях зародыш не способен удерживаться в стенке матки и правильно в ней развиваться.

Самым первым ребенком, зачатым в пробирке, была Луиза Браун из Великобритании, родившаяся 25 июля 1978 г.

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Высшая нервная деятельность (ВНД) человека представляет собой совокупность нервных процессов, лежащих в основе поведения человека, обеспечивающих его приспособление к изменяющимся условиям существования. Материальной основой высшей нервной деятельности является головной мозг. Получая информацию через органы чувств, мозг обеспечивает взаимодействие организма человека с окружающей средой и поддерживает постоянство его внутренней среды.

16.1

БЕЗУСЛОВНЫЕ И УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Термин «высшая нервная деятельность» был введен в науку великим русским физиологом, нобелевским лауреатом Иваном Петровичем Павловым (1849—1936), считавшим его равнозначным понятию «психическая деятельность». Действительно, обе науки — психология и физиология ВНД изучают мозг; их объединяет и ряд общих методов исследования. Вместе с тем психология и физиология ВНД исследуют разные стороны работы мозга: *физиология ВНД* — механизмы деятельности всего мозга, его отдельных структур и нейронов, связи между структурами и их влияние друг на друга, а также механизмы поведения; *психология* — результаты работы ЦНС, проявляющиеся в виде образов, идей, представлений и других психических проявлений. Научные исследования психологов и физиологов ВНД всегда были взаимозависимы. В последние десятилетия даже возникла новая наука — *психофизиология*, основной задачей которой является изучение физиологических основ психической деятельности.

Мысль о том, что психическая деятельность осуществляется при участии нервной системы, возникла в глубокой древности, но каким образом это происходит, очень долго оставалось неясным. Даже сейчас нельзя сказать, что механизмы работы мозга раскрыты.

Первым ученым, доказавшим участие нервной системы в формировании поведения человека, был римский врач Гален (2 в. н. э.). Он обнаружил, что головной и спинной мозг связаны со всеми остальными органами с помощью нервов и что разрыв нерва, соединяющего мозг и мышцу, приводит к параличу. Гален также доказал, что при перерезании нервов, идущих от органов чувств, организм перестает воспринимать раздражители.

Зарождение физиологии мозга как науки связано с работами французского математика и философа Рене Декарта (17 в.). Именно он заложил представления о рефлекторном принципе работы организма. Правда, термин «рефлекс» был предложен в 18 в. чешским ученым И. Прохазкой. Декарт считал, что в основе деятельности мозга, как и всего организма человека, лежат те же принципы, что и в основе работы простейших механизмов: часов, мельниц, кузнечных мехов и т. п. Объясняя простые движения человека с вполне материалистических позиций, Р. Декарт признавал наличие у него души, которая управляет сложным и многообразным поведением человека.

На более высоком уровне учение о рефлекторном принципе деятельности организма было разработано великим русским физиологом Иваном Михайловичем Сеченовым (1829—1905). Главный труд его жизни — книга «Рефлексы головного мозга» — был издан в 1863 г. В нем ученый доказал, что рефлекс — это универсальная форма взаимодействия организма со средой, т. е. рефлекторный характер имеют не только непроизвольные, но и произвольные — сознательные движения. Они начинаются с раздражения каких-либо органов чувств и продолжаются в мозге в виде определенных нервных явлений, приводящих к запуску программ поведения. И. М. Сеченовым были впервые описаны тормозные процессы, развивающиеся в ЦНС. У лягушки с разрушенными большими полушариями мозга он исследовал реакцию на раздражение задней лапки раствором кислоты: в ответ на болевой стимул лапка сгибалась. Сеченов обнаружил, что, если в эксперименте предварительно приложить к поверхности среднего мозга кристаллик соли, время до ответной реакции увеличится. На основании этого он заключил, что в ЦНС возможно развитие центрального торможения.

Ученым был сделан вывод о том, что мозг — область непрерывной смены возбуждения и торможения. Два эти процесса взаимосвязаны, что приводит как к усилению, так и к ослаблению (задержке) рефлексов. Нервная система не просто пассивно реагирует на внешние раздражители, она способна усиливать действие одних стимулов и затормаживать действие других. Поэтому организм реагирует на одни раздражители и не реагирует на другие. И. М. Сеченов также обратил внимание на существование как в р о ж д е н н ы х реф-

лексов, достаемых людям от предков, так и п р и о б р е т е н н ы х рефлексов, возникающих в течение жизни, являющихся результатом обучения.

Гениальные предположения и выводы И. М. Сеченова были революционными и опережали свое время. Экспериментальное доказательство правильности идей И. М. Сеченова было получено И. П. Павловым. Все рефлексы, возникающие в организме, он подразделял на б е з у с л о в н ы е и у с л о в н ы е.

Под **рефлексом** понимается наиболее правильная, часто встречающаяся реакция организма на внешние раздражители, осуществляемая через посредство нервной системы. Ответная реакция организма на раздражитель всегда выражается д в и ж е н и е м. Любое ощущение, осознанно или неосознанно, сопровождается ответной двигательной реакцией. Движения бывают н е п р о и з в о л ь н ы м и, входящими главным образом в систему обеспечения безусловных рефлексов, и п р о и з в о л ь н ы м и, обеспечивающими вместе с произвольными условные рефлексы. Кстати сказать, именно на том, что любой рефлекс заканчивается сокращением или расслаблением мышц (т. е. движением), и основана работа *детекторов лжи*, улавливающих мельчайшие неосознанные движения взволнованного, встревоженного человека.

Различия между безусловными и условными рефлексами представлены в табл. 16.1.

Таблица 16.1. Сравнительная характеристика безусловных и условных рефлексов

Безусловные	Условные
Врожденные, передаются по наследству, из поколения в поколение	Приобретаются организмом в течение жизни
Свойственны большинству особей данного вида	Индивидуальны, т. е. свойственны отдельным особям
Имеют постоянные рефлекторные дуги	Рефлекторные дуги формируются при совпадении определенных условий
Постоянны, практически не затухают в течение жизни	Непостоянны, вырабатываются и затухают в течение жизни
Реакции происходят в ответ на адекватные внешние и внутренние раздражители	Вырабатываются на основе безусловных рефлексов
Осуществляются благодаря работе центров, расположенных в спинном мозге и подкорковых структурах головного мозга	Осуществляются, как правило, при участии коры больших полушарий мозга

Примерами безусловных рефлексов являются: кашель при попадании инородных тел в дыхательные пути, выделение слюны при виде пищи, отдергивание руки при болевом раздражении (табл. 16.2).

Таблица 16.2. Типы безусловных рефлексов

Тип рефлекса	Индивидуальные рефлексы		Видовые рефлексы
Название согласно функции	Пищевой, пищевой оборонительный, агрессивный	Ориентировочно-исследовательский, игровой, свободы, имитационный	Половой, родительский, территориальный, иерархический
Назначение	Самосохранение	Саморазвитие	Сохранение вида

УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ. Для образования условного рефлекса необходимо наличие двух раздражителей: *условного* (безразличного, сигнального, индифферентного относительно вырабатываемой реакции) и *безусловного*, вызывающего определенный безусловный рефлекс. Условный сигнал (вспышка света, звук звонка и т. п.) должен несколько опережать по времени безусловное подкрепление. Обычно условный рефлекс вырабатывается после нескольких сочетаний условного и безусловного раздражителей, но в некоторых случаях достаточно одного предъявления условного и безусловного раздражителей, чтобы образовался условный рефлекс.

Например, если несколько раз включать свет лампочки перед тем, как давать собаке пищу, то, начиная с какого-то момента, собака будет подходить к кормушке и выделять слюну каждый раз при включении света еще до того, как ей будет предъявлена пища. Здесь свет становится *условным стимулом*, сигнализирующим о том, что организм должен подготовиться к безусловнорефлекторной пищевой реакции. Между стимулом (светом лампочки) и пищевой реакцией формируется *временная функциональная связь*. Условный рефлекс вырабатывается в процессе обучения, причем связь между сенсорной (в нашем случае — зрительной) системой и эффекторными органами, обеспечивающими реализацию пищевого рефлекса, формируется на основе совмещения условного стимула и безусловного подкрепления его пищей (рис. 16.1).

Что необходимо для выработки условного рефлекса?

Для успешной выработки условного рефлекса обязательно соблюдение трех условий. Во-первых,

условный раздражитель (в нашем примере — свет) должен предшествовать безусловному подкреплению (в нашем примере — пища). Во-вторых, биологическая значимость условного раздражителя должна быть меньшей, чем безусловного подкрепления. Например, для самки любого животного крик ее детеныша является заведомо более сильным раздражителем, чем пищевое подкрепление. В-третьих, сила как условного, так и безусловного раздражителей должна иметь определенную величину (*закон силы*), так

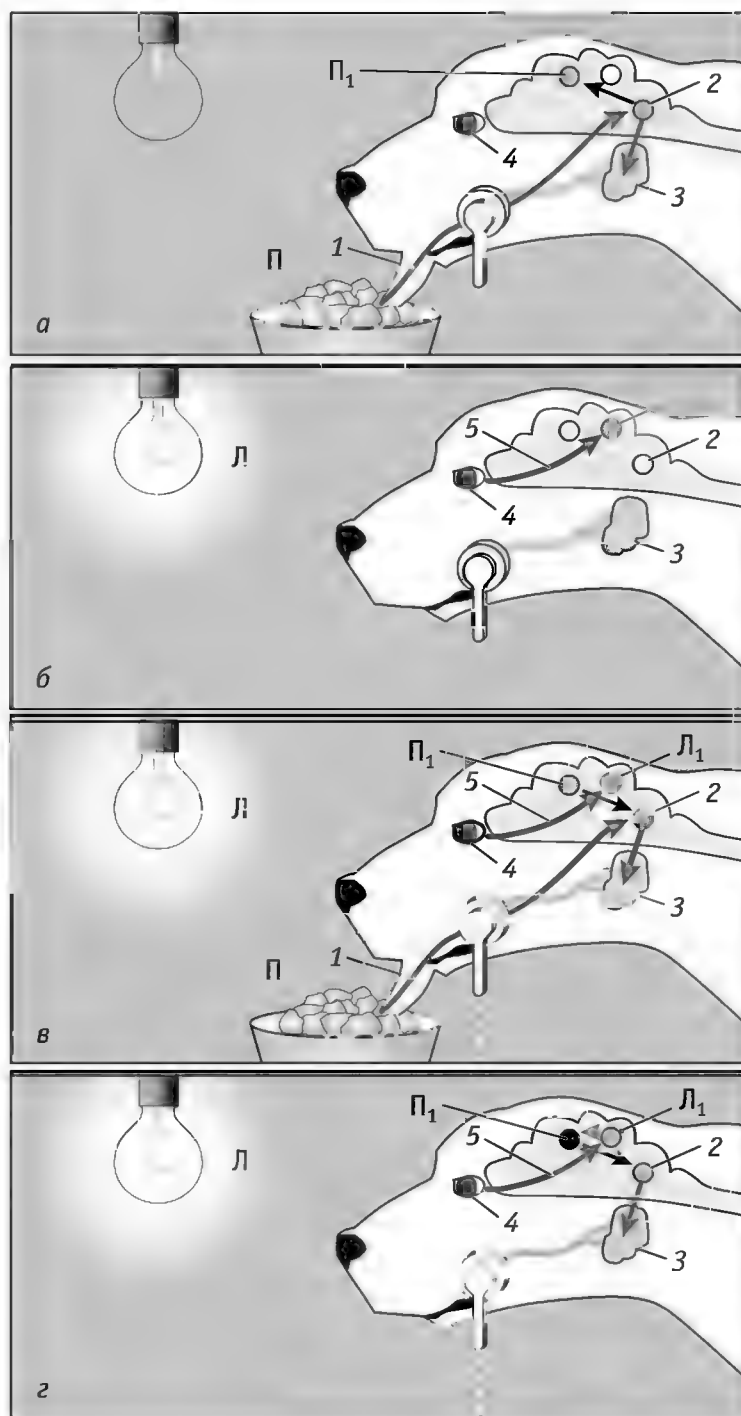


Рис. 16.1. Выработка условного рефлекса по И. П. Павлову:

а — безусловный слюноотделительный рефлекс; *б* — ориентировочный рефлекс на свет лампочки; *в* — выработка условного слюноотделительного рефлекса на свет лампочки; *г* — проявление выработанного условного рефлекса на свет лампочки;

1 — рецепторы языка; 2 — слюноотделительный центр продолговатого мозга; 3 — слюнная железа; 4 — рецепторы глаза; 5 — зрительные пути; П — пища; П₁ — пищевой центр коры больших полушарий; Л — свет лампочки; Л₁ — зрительная зона коры больших полушарий, воспринимающая свет лампочки

как очень слабые или очень сильные раздражители не приводят к выработке стабильного условного рефлекса.

Классический условный рефлекс, выработанный на сочетании условного раздражителя и безусловного подкрепления, называется *условным рефлексом первого порядка*. Условный рефлекс, образованный на основе другого условного рефлекса, называется *условным рефлексом второго порядка* и т. д.

По мнению И. П. Павлова, под действием условного раздражителя, например звука, в соответствующей зоне коры больших полушарий образуется очаг возбуждения. Под действием безусловного раздражителя (пищевого, болевого и др.) в коре возникает второй очаг возбуждения. Между этими очагами возникает временная связь («замыкание», по И. П. Павлову). Иногда такая связь сохраняется достаточно долго, даже после одного сочетания условного и безусловного раздражителей, но обычно для образования стойкого условного рефлекса необходимо неоднократное повторение их сочетания. В таком случае предъявления одного условного раздражителя будет достаточно для того, чтобы вызвать рефлекс.

Если безусловные рефлексы практически не тормозятся в течение жизни, то выработанные условные рефлексы могут терять свое значение при изменении условий существования организма. Угасание условных рефлексов называется *торможением*.

Различают внешнее и внутреннее торможение условных рефлексов. Если под действием нового сильного внешнего раздражителя в мозге возникает очаг сильного возбуждения, то ранее выработанная условнорефлекторная связь не срабатывает. Например, пищевой условный рефлекс тормозится при сильном шуме, испуге собаки, действии на нее болевого раздражителя и т. д. Такой вид торможения называется *внешним*. Если же выработанный на звонок рефлекс слюноотделения не подкреплять кормлением, то постепенно звук перестает выполнять роль условного раздражителя, рефлекс начнет угасать и вскоре затормозится. Временная связь между двумя центрами возбуждения в коре разрушится. Такой вид торможения условных рефлексов носит название *внутреннего*.

БЕЗУСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты) выработались в процессе эволюции как результат приспособления к определенным, относительно постоянным условиям среды. Они наделяют особь комплексом поведенческих программ, готовых к употреблению при первой необходимости. Их роль в поведении преобладает у животных с коротким временем жизни (беспозвоночные). Например, самка одного из видов крупных одиночных ос появляется из куколки весной и живет только несколько недель. За это время она должна успеть встретиться с самцом, поймать добычу (паука), выкопать норку, затащить паука в норку, отложить яйца; все эти действия она проделывает несколько раз в течение

жизни. Оса выходит из куколки уже «взрослой» и сразу же готова к выполнению своей деятельности. Это не значит, что она не способна к обучению. Она, например, может и должна запомнить место расположения своей норки, что требует формирования соответствующего условного рефлекса.

У высокоорганизованных позвоночных животных ситуация иная. Например, волчонок рождается слепым и совершенно беспомощным. Конечно, при рождении у него присутствует ряд безусловных рефлексов, но их явно недостаточно для полноценной жизни. Для того чтобы приспособиться к существованию в постоянно меняющихся условиях, необходима выработка широкого набора условных рефлексов. Условные рефлексы, вырабатываясь в качестве надстройки над врожденными рефлексами, во много раз повышают шансы организма выжить.

*Какова природа условного
раздражителя?*

Это какие-то события, произошедшие в окружающей животное или человека среде, которые несколько раз совпали с

действием подкрепления. Мозг, способный к выработке условных рефлексов, рассматривает условные раздражители в качестве сигналов, свидетельствующих о скором появлении подкрепления. Так, животное, обладающее только безусловными рефлексами, может есть только ту пищу, на которую оно случайно наткнулось. Животное же, способное к выработке условных рефлексов, связывает ранее безразличный запах или звук с наличием поблизости пищи. И эти раздражители становятся подсказкой, которая заставляет его более активно искать добычу. В результате животное, способное к быстрой выработке условных рефлексов, будет более успешно добывать пищу, чем то, которое живет, пользуясь лишь набором врожденных безусловных рефлексов.

Иногда выработанные ранее условные рефлексы сохраняются очень долго, даже если не получают больше безусловного подкрепления.

В английской кавалерии середины 19 в. лошадей годами учили ходить в атаку сомкнутым строем. Даже если всадник был выбит из седла, его конь должен был скакать в общем строю бок о бок с другими лошадьми и вместе с ними делать разворот. Во время Крымской войны в одной из атак кавалерийская часть понесла очень большие потери. Но оставшаяся в живых часть лошадей, развернувшись и поддерживая по возможности строй, вышла на исходную позицию, спасая тех немногих раненых кавалеристов, которые смогли удержаться в седлах. В знак благодарности этих лошадей отправили из Крыма в Англию и содержали там в прекрасных условиях, не заставляя ходить под седлом. Но каждое утро, как только открывались двери конюшни, лошади выбегали на поле и строились в ряд. Затем лидер табуна подавал знак ржанием, и шеренга лошадей устремлялась в полном порядке через все поле. У края поля шеренга разворачивалась и в том же порядке возвращалась к конюшне. И это повторялось изо дня в день... Это пример условного рефлекса, который сохранялся длительное время без безусловного подкрепления.

Формирование условных рефлексов, хранение любых видов информации, в том числе безусловных рефлексов, и ее последующее использование невозможно без хорошей памяти.

16.2

ПАМЯТЬ

Память — это одно из основных свойств нервной системы, заключающееся в способности долгое время сохранять информацию о событиях внешнего мира и реакциях организма на эти события, а также многократно переводить эту информацию в область сознания. Обучение и память — это стороны одного процесса. Под *обучением* прежде всего подразумевают механизмы приобретения, фиксации информации, а под *памятью* — механизмы хранения и извлечения этой информации. Человек запоминает не только воздействующие на него раздражители, но и те ощущения, эмоции, которые данные раздражители вызывают. Только благодаря памяти человек может приобретать, сохранять и использовать индивидуальный опыт.

Память (до определенной степени условно) подразделяют на несколько типов. Продолжительность *кратковременной памяти* составляет несколько секунд. Емкость ее невелика — пять — семь элементов. Например, шестизначный или семизначный телефонный номер запомнить на несколько минут может почти любой человек, а вот десятизначный — совсем немногие.

Магия семи элементов, которые может одномоментно охватить наш мозг, нашла отражение во множестве сказок и поговорок, причем у самых разных народов. Вспомните: семеро одного не ждут, семь раз отмерь, семь гномов, семь богатырей со своей спящей царевной, семь симеонов, семь невест для семи братьев и т. д.

В основе кратковременной памяти лежит циркуляция нервных импульсов по нейронным сетям. Кратковременная память очень чувствительна к сильным внешним воздействиям: ударам электрического тока, сотрясениям, резким перепадам давления и температуры. При любом переключении внимания на какую-либо другую умственную задачу информация, содержащаяся в этот момент в кратковременной памяти, полностью стирается.

Долговременная память сохраняет гигантский объем информации в течение всей жизни человека. Все, что содержится в памяти свыше 30 с, преобразуется в систему долговременной памяти. Особенно хорошо запоминаются события, которые вызывают у человека сильные положительные или

Существует легенда о том, что великий скульптор эпохи Возрождения Бенvenuto Челлини, будучи маленьким мальчиком, сидел рядом со своим отцом у горящего камина. Вдруг в огне возникли две играющие саламандры. Считалось, что увидеть в огне саламандр — очень хорошая примета, приносящая счастье. Чтобы маленький мальчик навсегда запомнил это событие, папа дал ему настолько сильный подзатыльник, что Бенvenuto упал с табуретки. Таким образом отец эмоционально подкрепил наблюдаемую сыном картину для ее лучшего усвоения. Почему мы считаем эту историю легендой? Да потому, что земноводные, к которым относятся саламандры, в каминах не живут, да и в огне мгновенно погибают...

отрицательные эмоции (восторг, удовольствие, страх, ненависть и т. п.): «О память сердца! Ты сильнее рассудка памяти печальной...» (Э. Ростан).

Процесс образования сохраняемого памятного следа — *энграммы* — называется *консолидацией*. Для того чтобы консолидация проходила успешно, необходимо усиленное снабжение мозга кислородом и глюкозой. В формировании энграммы принимают участие нейроны ретикулярной формации ствола мозга, черной субстанции, гиппокампа и миндалевидного комплекса, височных и лобных долей коры больших полушарий. Консолидация подавляется ингибиторами синтеза ДНК и белков.

В каком виде хранится энграмма, точно не известно. Однако показано, что при обучении у человека увеличивается число синаптических контактов между нейронами, возрастает количество рецепторов к различным медиаторам на мембранах нейронов, усиливается

синтез рибонуклеиновых кислот, нейропептидов и белков. В настоящее время считается, что нельзя выделить в мозге какую-либо отдельную структуру, в которой хранится энграмма. Видимо, памятный след удерживается клетками всего головного мозга. Сформировавшаяся энграмма какого-либо события очень устойчива и может сохраняться в течение всей человеческой жизни, но извлечение энграммы, т. е. воспоминание об этом событии, зачастую может быть сопряжено с большими трудностями. Эксперименты показывают, что воспоминания о многих событиях, которые человек не может вызвать у себя произвольно, возникают с большой четкостью и массой деталей при слабом электрическом раздражении некоторых отделов лобных и височных долей коры больших полушарий. Иными словами, в нашем мозге сохраняются практически все события нашей жизни, да только извлечь нужные воспоминания из «хранилища» очень часто бывает трудно или даже невозможно. Иногда памятный след извлекается из «хранилища» самопроизвольно и неожиданно.

Жаль, что пока мы не можем произвольно вспоминать все, что когда-то видели, читали, чувствовали. Но, скорее всего, «забывчивость» — защитный механизм, предохраняющий наш мозг от перегрузки.

В конце 19 в. маленького итальянского мальчика после смерти родителей отправили к дальним родственникам, и он попал во франкоговорящую семью. Итальянский язык мальчик очень быстро забыл и до семи лет говорил только по-французски. После этого вся семья вместе с мальчиком переехала в США, где подросток жил в англоязычной среде, совершенно позабыв и французский язык. Последующие 80 с небольшим лет он говорил только по-английски. Причем его семья даже не знала, что дедушка по происхождению итальянец. И вот в глубокой старости он вдруг стал неожиданно все в большей и большей степени вспоминать давно утраченный французский язык, постепенно теряя способность говорить по-английски. А в последние месяцы жизни, к изумлению всех окружающих, заговорил на прекрасном итальянском, не пользуясь двумя другими языками. Следовательно, все, что человек запомнил еще в двух-трехлетнем возрасте прекрасно сохранилось в памяти и стало самопроизвольно извлекаться из «хранилищ» слабеющего от старости мозга 92-летнего старца.

Существуют люди, имеющие феноменальную память. Чаще всего эта память связана с профессией.

Академик А. Ф. Иоффе помнил наизусть всю таблицу логарифмов, великий шахматист-гроссмейстер Т. В. Петросян — все свои партии, сыгранные на многих десятках турниров. Четырнадцатилетний Вольфганг Амадей Моцарт услышал на службе в соборе Святого Петра большое произведение для двух хоров «Мизерере». Придя домой, мальчик по памяти записал все произведение без единой ошибки. Феноменальная музыкальная память была у Д. Д. Шостаковича, С. В. Рахманинова.

Однако очень часто люди недовольны своей памятью. Правда, многие просто не могут сосредоточиться на запоминаемом материале, например школьники, которые учатся из-под палки. Но существует целый ряд расстройств мозга, сопровождающихся поражением памяти. Расстройства памяти называют *амнезиями*. Часто страдает механизм вспоминания, а энграмма хранится в глубинах мозга без повреждений. В конце главы будут приведены примеры наиболее распространенных заболеваний, сопровождаемых амнезиями. Очень распространено поражение памяти, вызываемое хроническим алкоголизмом. Его называли в честь русского психиатра **синдромом Корсакова**. Постоянное употребление алкоголя приводит к тому, что начинается массовая гибель нейронов гиппокампа и лобных долей коры больших полушарий. В результате пьяница теряет способность к запоминанию новых событий, а старые воспоминания могут переноситься в настоящее время и превращаются в подобие реальности. Наверное, жутковато жить в таком полуреальном мире, хотя алкоголик этого оценить не может...

Существует целый набор приемов для улучшения памяти, их описанию посвящены десятки томов. Если же снижение способности к запоминанию связано с усталостью, перенапряжением и стрессом, то можно воспользоваться комплексами витаминов, помогающими снабжать мозг всем необходимым для нормальной работы. Кроме того, существуют лекарства, улучшающие кровоснабжение мозга. А с кровью в мозг поступают кислород, глюкоза, витамины и т. п.

16.3

БОДРСТВОВАНИЕ И СОН

Основные контакты с внешним миром человек осуществляет в **бодрствующем состоянии**. Это состояние характеризуется достаточно высоким уровнем электрической активности мозга. В обеспечении состояния бодрствования важнейшую роль играет ретикулярная формация среднего мозга, от нейронов которой восходящие возбуждающие влияния идут к неспецифическим ядрам таламуса, а от них — ко всем зонам коры больших полушарий. Ликвидация этих влияний приводит к снижению внимания, ухудшению обучения, патологическому сну, потере сознания и т. п.

Сон — специфическое состояние мозга и всего организма в целом, характеризующееся расслаблением мышц, слабой реакцией на внешние раздражители и рядом других признаков. Ослабление реактивности организма определяется падением чувствительности периферических отделов мозга из-за ослабления ретикулярных возбуждающих влияний на кору. Одним из главных химических индукторов сна является *серотонин*, вырабатываемый нейронами центральной части среднего мозга. Если разрушить эту область и уменьшить содержание серотонина в мозге, то человек лишается возможности спать.

При регистрации электрических сигналов мозга на *энцефалограмме* (ЭЭГ) можно заметить, что период сна не однороден, а разбивается на несколько циклов, повторяющихся приблизительно каждые 90 мин. В течение полного цикла *фаза медленноволнового (ортодоксального) сна* — период медленных низковольтных волн на ЭЭГ — сменяется *фазой парадоксального, или быстроволнового, сна*. Во время этой фазы наблюдаются быстрые движения глаз, сокращения мимической мускулатуры, движения пальцев. В эту фазу человек видит сны. В течение ночи обычно наблюдаются 4—6 полных циклов.

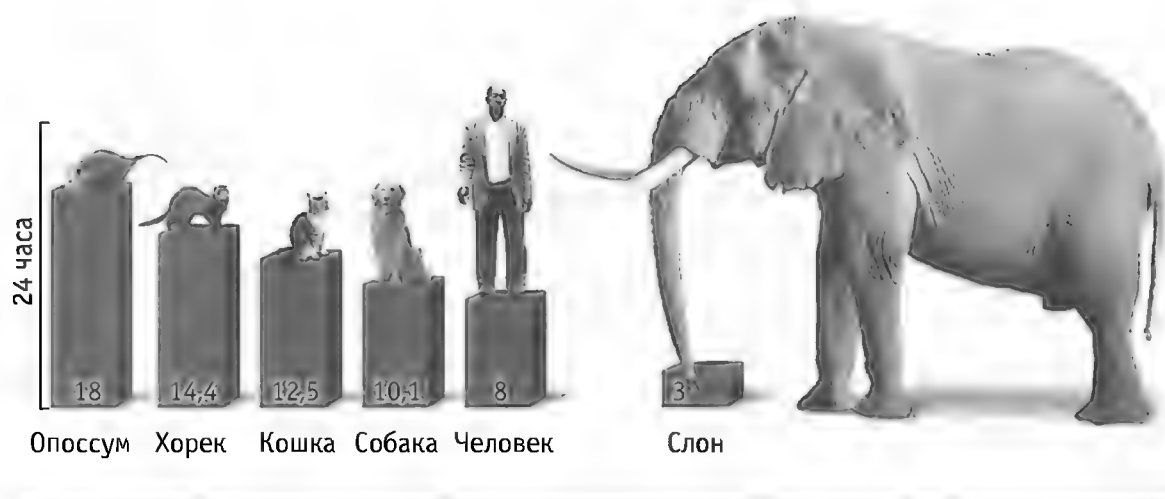


Рис. 16.2. Соотношение между размером тела животных и временем, необходимым им для сна

В мире животных существует следующая закономерность: чем меньше животное, тем больше оно спит (рис. 16.2). Землеройки, мыши, кошки спят бо́льшую часть своей жизни, а вот слоны, жирафы, крупные антилопы спят совсем немного. Тем не менее спать должны все. Отсутствие сна приводит к смерти гораздо быстрее, чем лишение пищи.

Сколько же должен спать человек?

До четырех лет большинство детей спят по 12 ч, а вот взрослому человеку в среднем необходимо спать ночью 8 ч, хотя есть люди, которым мало и 10 ч. В то же время император Наполеон спал не более 2—3 ч в сутки. Известны случаи, когда люди, переболев гриппом или пострадав от электротравмы, лишаются способности спать. Самое удивительное, что без видимых вредных последствий для организма. До сих пор не совсем понятно, что делает сон столь необходимым для нормальных людей. По-видимому, во время сна происходит восстановление мембран нейронов, поврежденных во время интенсивной деятельности в состоянии бодрствования. Кроме того, во время сна осуществляется выработка и доставка к месту использования химических посредников межклеточной передачи, т. е. медиаторов. Пока еще плохо исследовано, что происходит в период сна в глиальных клетках, а эти клетки во многом определяют работу соседних с ними нейронов.

Вопрос, на который также пока нет ответа: зачем нужны сновидения?

По одной теории, во время сновидений происходит пересортировка информации, полученной в период бодрствования, и решается вопрос, что помнить, а что забыть. А вот психолог З. Фрейд предположил, что в снах выражаются те идеи и побуждения, которые во время бодрствования скрыты в подсознании человека.

Отчего бывает бессонница?

Чаще всего бессонница — вторичная проблема, и устранять надо первичную причину отсутствия сна. Например, перестать пить кофе за несколько часов до того, как лечь в постель. Очень часто пожилые люди, жалующиеся на бессонницу, на самом деле спят достаточно, так как любят подремать часок-другой днем, а ведь с возрастом потребность во сне снижается.

16.4

ЭМОЦИИ

Эмоции представляют собой реакции организма на внешние или внутренние раздражители, направленные на усиление или ослабление состояния, вызванного этими раздражителями. Эмоции отражают соответствие какой-либо актуальной потребности возможности ее удовлетворения, оценка которого непроизвольно осуществляется человеком на основе как генетической информации, так и его индивидуального опыта.

У человека выделяют три вида потребностей: *витальные* (сомато-висцеральные), *социальные* (познание, общение с себе подобными), *творческие* (наука, искусство, религия). Если вероятность добиться достижения какой-либо желаемой потребности мала, возникают отрицательные эмоции (тревога, страх, разочарование). Если же какая-либо желаемая потребность успешно достигается, возникают положительные эмоции (наслаждение, радость, удовольствие).

В основе эмоций лежит активация систем специализированных мозговых структур, приводящая к изменению поведения с целью ослабить (отрицательная эмоция) или усилить (положительная эмоция) испытываемое организмом состояние. Положительная эмоция сигнализирует о приближении момента удовлетворения потребности, отрицательная — об удалении этого момента.

Важнейшим материальным субстратом эмоций являются структуры лимбической системы мозга, о чем уже упоминалось выше. Эмоции очень ярко выражаются в жестах человека и его мимике. Общаясь при помощи слов, любой человек невольно дополняет содержание своей речи целым рядом сигналов. В гневе люди сжимают кулаки и искривляют рот, а при удивлении — разводят руки и приподнимают брови. Жестикуляция и мимика придают большую значимость словам и помогают правильно понять мысли собеседника. Мимика так важна для определения состояния организма человека, что люди зачастую приписывают животным склонности и особенности своего характера. Например, нам кажется, что совы мудры, а лисы хитры (рис. 16.3).

СОЗНАНИЕ И МЫШЛЕНИЕ

Сознание — высшая функция человеческого мозга, которая заключается в отражении действительности и направленном регулировании взаимоотношений личности с окружающей средой.

Мышление — способность человека определить для себя и передать другим людям свое отношение к происходящему при помощи слов и образов. Мышление является одной из главных функций человеческого мозга.

В основе сознания и мышления лежит процесс постоянного анализа огромного объема информации, поступающей как из внешней среды через органы чувств, так и от внутренних рецепторов, реагирующих на малейшие изменения во внутренней среде организма. Совокупность происходящих в центральной нервной системе процессов, обеспечивающих восприятие и анализ информации, а также адекватную ответную реакцию организма, называют *сигнальной системой*. И у животных, и у человека имеется *п е р в а я* *с и г н а л ь н а я* *с и с т е м а*. Она воспринимает конкретные материальные раздражители окружающего мира и является основой для формирования правильной ответной реакции на происходящее. Кроме того, у человека

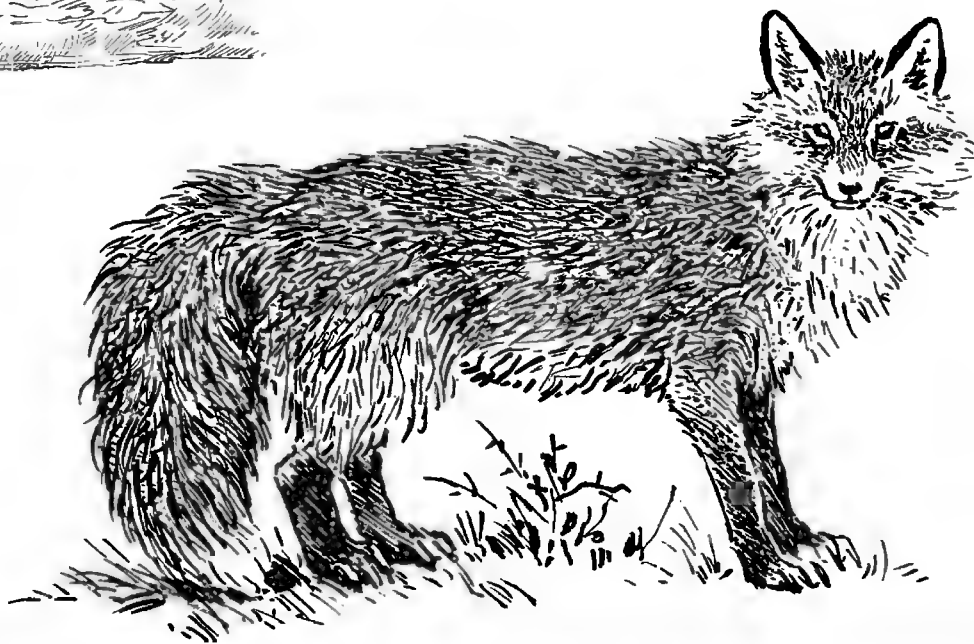


Рис. 16.3. «Мудрая» сова и «хитрая» лиса

в связи с появлением речи хорошо развита **в т о р а я с и г н а л ь н а я с и с т е м а**. Она обусловлена особенностью высшей нервной деятельности человека — способностью воспринимать произнесенное или написанное слово, причем сигнальное значение слова определяется не сочетанием звуков или букв, а именно смысловым значением, которое несет это слово. При помощи слов человек может очень точно выразить сложнейшие абстрактные понятия, оттенки чувств и многое другое. Необходимо отметить, что зачатки второй сигнальной системы обнаружены у многих высокоразвитых животных: собак, китообразных, врановых, попугаев и др. Собака, например, способна усвоить значение большого количества слов, но специфика строения скелета черепа не дает ей возможности членораздельно произносить слова и фразы.

Можно выделить **т р и у р о в н я В Н Д ч е л о в е к а**:

1) *уровень безусловных рефлексов и инстинктов*, которые вызываются относительно немногими раздражителями; анатомической основой такой деятельности являются спинной мозг и большинство отделов головного мозга;

2) *уровень условных рефлексов* на различные стимулы, вырабатываемых в ходе индивидуальной жизни, служащих сигналами о возможном появлении того или иного безусловного подкрепления; такие рефлексы замыкаются на уровне коры больших полушарий;

3) *уровень словесной сигнализации*, анатомическим субстратом которой являются ассоциативные зоны коры (лобная, теменная), а также ее высшие сенсорные и двигательные центры.

Первые два уровня ВНД характерны как для человека, так и для животных. Третий уровень в развитой форме существует только у человека; у животных можно наблюдать лишь отдельные его элементы, даже у человекообразных обезьян.

Работая сначала с собаками, И. П. Павлов обратил внимание на то, что их высшая нервная деятельность различается по нескольким параметрам нервных процессов: силе, уравновешенности и подвижности.

Животные с «сильными» процессами отличаются значительным уровнем как возбуждения, так и торможения. **С и л а** нервных процессов определяет работоспособность нервной системы и ее возможность противостоять утомлению. **У р а в н о в е ш е н н о с т ь** нервных процессов характеризует баланс между возбуждением и торможением. **П о д в и ж н о с т ь** нервных процессов характеризует способность нервной системы менять свое состояние, т. е. переходить от возбуждения к торможению или наоборот.

Различные варианты сочетаний этих свойств нервной системы позволяют выделить несколько типов высшей нервной деятельности. У человека выделяют **ч е т ы р е т и п а В Н Д**.

ХОЛЕРИК. Тип легковозбудимый, эмоциональный, общительный. Его отличает высокий уровень активности, энергичность действий, сильные и ярко выра-

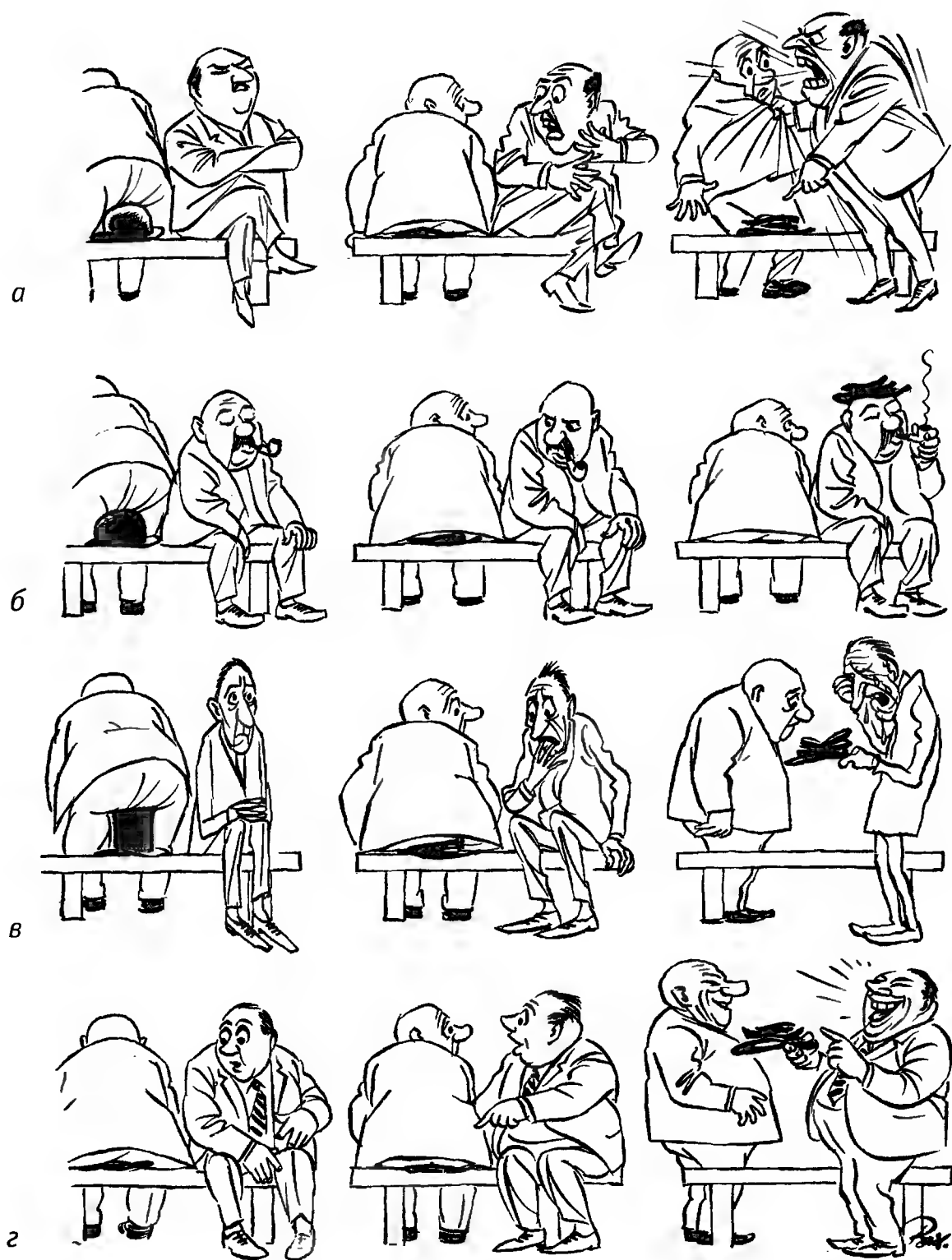


Рис. 16.4. Характерные внешние признаки, присущие людям с различными типами высшей нервной деятельности:

а — холерик; б — флегматик; в — меланхолик; г — сангвиник

женные эмоциональные переживания. Для холерика характерна несдержанность, вспыльчивость в конфликтных ситуациях (рис. 16.4, а).

ФЛЕГМАТИК. Тип малоэмоциональный, малообщительный, малоподвижный, с хорошо развитым вниманием и работоспособностью. Его отличает низкий уровень поведенческой активности, он медлителен, спокоен, ровен. Для флегматика характерно постоянство чувств и настроений. Процесс изменения привычек и навыков у флегматика затруднен (рис. 16.4, б).

МЕЛАНХОЛИК. Тип легковозбудимый, малообщительный, неуверенный в себе. Отличается сниженным уровнем двигательной и речевой активности, эмоциональной ранимостью. Склонен к глубоким внутренним переживаниям. Меланхоликам в наибольшей степени свойственны нестандартность мышления, богатство воображения (рис. 16.4, в).

САНГВИНИК. Тип спокойный, устойчивый, с хорошо развитым вниманием и работоспособностью, максимально высоким уровнем исследовательской активности. Он подвижен, общителен, быстро отзывается на события, легко переживает неудачи и неприятности (рис. 16.4, г).

16.6

ИНТЕЛЛЕКТ

Спросите у кого-нибудь, что такое ум. Все знают, а объяснить толком не могут. У человека может быть «несколько умов»: гениальный математик не всегда компетентен в бытовых вопросах, талантливый художник абсолютно неспособен решить математическую задачу. Еще труднее ум измерить. Ученые, говоря об уме, пользуются понятием *интеллект*. Английский философ 19 в. Герберт Спенсер считал, что интеллект является врожденным и наследственным свойством и представляет собой способность животных и человека приспосабливаться к сложным и постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

Интеллект характеризуется тремя основными чертами:

- 1) *способностью познавать*, исследовать окружающий мир;
- 2) *всеобщностью*, присутствием во всех видах умственной деятельности;
- 3) *наследуемостью* (преимущественно). Интеллект достается (или не достается) нам от предков; окружающая среда и личный опыт влияют на степень интеллекта в меньшей степени.

Э. Торндайк предложил разделить интеллект на три категории:

1) *технические способности* — умение использовать орудия труда, приспособления и т. п.;

2) *общественные способности* — умение контактировать с людьми;

3) *умение пользоваться символами* — цифрами, буквами, обозначениями, а также научными понятиями.

Некоторые психологи выделяют также как отдельную категорию *творческие способности*.

Сейчас разработано огромное количество тестов для количественной оценки интеллекта. Чаще всего пользуются тестами, позволяющими определить так называемый IQ (англ. intelligence quotient). У среднего человека IQ приблизительно равен 100. У четверти населения Земли этот коэффициент ниже 90, у другой четверти — выше 110. Людей, имеющих IQ ниже 70, причисляют к слабоумным. Их в обществе около 15%, т. е. немало. А вот 2% людей имеют IQ 130—140, и их способности признаются блестящими.

16.7

ПСИХИЧЕСКИЕ РАССТРОЙСТВА

До того как обсуждать психические расстройства, следует определить психическую норму. А сделать это очень сложно. Все мы имеем свои странности, страхи, комплексы. Но это не означает, что мы психически больны. Говорить о психическом расстройстве, видимо, можно лишь тогда, когда отклонения в мышлении приводят к нарушениям поведения человека и его способности к общению с другими людьми. Однако граница между психически здоровым и больным человеком до какой-то степени условна. Ведь, например, папуасам Новой Гвинеи наше поведение кажется совершенно ненормальным и смешным, и наоборот.

Иногда к психическим расстройствам относят практически все болезни, связанные с нарушениями функций мозга. Видимо, это неверно. Ведь сильные пульсирующие головные боли, имеющие общее название *мигрени*, безусловно, связаны с нарушениями работы мозга, но к изменениям в психике они не приводят. Следовательно, считать психическими стоит лишь те болезни, которые поражают умственную деятельность.

Самым распространенным среди психических недугов является **депрессия**. Плохое настроение и грусть бывают у каждого, нет ничего странного в том, что человек реагирует на неприятности, погружаясь в печаль. Когда же степень реакции несоразмерна со случившимся и нарушает нашу повседнев-

ную жизнь, это рассматривают как одну из форм депрессивного расстройства. Действительно, у каждой проблемы есть своя «эмоциональная цена», которую, решая проблему, приходится платить. Но если малейшая проблема заставляет человека впасть в отчаяние, и он платит слишком большую «эмоциональную цену», то это начало депрессии. Люди, страдающие депрессивным расстройством, испытывают отчаяние и беспомощность в самых обыденных ситуациях. Это состояние может надолго полностью поглотить больного и не проходит само по себе. В результате такой человек теряет способность правильно оценивать обстановку и разумно действовать. Это плохо сказывается на всех формах его общения с людьми — в семье и на работе.

Очень многие больные при депрессии не обращаются к врачу. Иногда депрессию считают своего рода «простудой» среди психических заболеваний, которая проходит сама по себе. Например, в США различными формами депрессии страдают около 14 млн человек, и, учитывая затраты на лечение и потери рабочей силы, убытки составляют около 30 млрд долларов в год. Тяжелые депрессии, характеризующиеся состояниями безнадежности и отчаяния, — причина многочисленных суицидов. В США в год такие больные совершают около 25 тыс. «удачных» самоубийств.

Депрессия, как и многие другие психические расстройства, проявляется в нескольких формах. Чаще всего встречаются большая депрессия и биполярная депрессия.



Рис. 16.5. Творчество Э. Мунка в период психического заболевания

Большая, или монополярная, депрессия встречается особенно часто. Под «монополярностью» понимается одно крайнее состояние в диапазоне эмоций пациента — тоскливость, подавленность, отчаяние. На этом фоне отмечаются бессонница, снижение аппетита, невозможность сосредоточиться, забывчивость и др. Сами больные описывают свое состояние как черную тучу, беспросветно накрывшую их жизнь. Такое состояние обычно не бывает постоянным. Отдельные приступы депрессии называют *эпизодами* (рис. 16.5).

Другая форма болезни — *биполярная депрессия*, которую еще называют *маниакальной депрессией* или *маниакально-депрессивным психозом*. При этой форме заболевания настроение

человека колеблется между тоской и безнадежностью (*депрессией*) и возбуждением (*манией*). Во время депрессивной фазы регистрируются те же симптомы, что и при большой депрессии. Затем следует период, когда больной чувствует себя нормально, хотя и наблюдаются повышенная творческая или деловая активность, эмоциональная живость, самоуверенность. Такое состояние называется *гипоманией*. Гипомания может сменяться *манией* — состоянием, при котором ярко выражены все эмоции (гнев, раздражительность, общительность, радость). На фоне завышенной самооценки и сниженной самокритичности человек начинает вести себя неадекватно, зачастую предпринимая опасные действия как для себя, так и для окружающих. Приблизительно половину всех самоубийств на Земле совершают больные депрессией.

Вероятность возникновения депрессивных расстройств существует, к сожалению, у каждого человека. Однако можно выделить несколько **факторов риска**.

У мальчиков и девочек до полового созревания депрессия встречается с одинаковой частотой, но с возрастом число заболевших женщин начинает преобладать. Об этом говорит тот факт, что лекарства, ликвидирующие симптомы депрессии, в 75% случаев выписываются женщинам. Хотя отчасти это связано с тем, что женщины «не боятся» психиатров и охотно идут к ним на прием. Мужчины же довольно часто пытаются заглушить симптомы депрессии алкоголем.

В большей степени, чем люди других профессий, депрессии подвержены лица, занимающиеся творчеством. Теми или иными формами этой болезни страдали: Дж. Свифт, Н. В. Гоголь, В. Ван Гог, Р. Шуман, Э. Хемингуэй, В. Гаршин, Ф. М. Достоевский и множество других талантливых людей. В периоды обострения болезни творческий труд практически невозможен, и связь «депрессия—творчество» требует дальнейших объективных исследований.

Причины возникновения депрессии подразделяют на три группы: *генетические, биологические и внешние*. Исследования многих лиц из семей, в которых часто встречаются различные формы депрессии, показали, что в основе болезни могут лежать мутации генов в 4, 6, 11, 13, 15 и 18 хромосомах. До сих пор не удалось достоверно установить связь между каким-либо конкретным геном и возникновением определенной формы депрессии. В настоящее время преобладает мнение, что предрасположенность к этому заболеванию основана на одновременном повреждении нескольких генов. Говоря о второй группе причин — *биологических*, имеют в виду нарушения в обмене химических регуляторов организма человека — медиаторов и гормонов. Достоверно установлена связь между избытком некоторых возбуждающих медиаторов и рецепторов к ним и *манией*. И наоборот, усиленный распад возбуждающих медиаторов и уменьшение числа рецепторов к ним наблюдаются на фоне депрессивного состоя-

ния. Сильное длительное эмоциональное перенапряжение организма рано или поздно приводит к нарушениям в работе гормональной системы «гипоталамус — передний гипофиз — надпочечники». Возможно, эти нарушения являются одной из причин болезни.

Еще задолго до того, как начались исследования генетических и биологических причин возникновения маниакально-депрессивных состояний, была замечена связь между болезнью и внешними событиями. Многие исследователи считают, что трагическое происшествие служит пусковым фактором для первого приступа биполярной депрессии. Действительно, очень часто первому приступу предшествует какое-либо тяжелое кризисное событие. После этого начального эпизода болезни последующие приступы могут возникать без каких-либо внешних видимых причин. Существует теория «запальной сенсibilизации», согласно которой первый приступ, спровоцированный внешними стрессогенными воздействиями, на долгое время возбуждает структуры лимбической системы и гипоталамуса, активируя и гормональную компоненту ответа на неблагоприятные события. В результате в мозге возникают постоянные изменения, облегчающие возникновение депрессии в будущем. У многих больных жизненные трудности и депрессия переплетаются настолько тесно, что постоянно взаимно «подпитывают» друг друга.

Как лечить депрессию?

Существуют специальные лекарства, которые так и называются — *антидепрессанты*. Их длительное введение больному нормализует обменные процессы в мозге, и депрессия смягчается. Маниакальные состояния лечат солями щелочного металла лития. Соли лития, действуя сразу по нескольким направлениям, понижают возбудимость нервных центров мозга, и поведение больного человека нормализуется. В некоторых тяжелых случаях депрессии для прекращения приступа болезни используют *электрошок*, т. е. пропускают через мозг больного разряд электрического тока высокого напряжения, но очень малой силы. Электрошок приводит к появлению судорог, но в то же время у 75% больных наступает облегчение или депрессия проходит на длительное время. Эта малоприятная процедура резко повышает чувствительность рецепторов мозга к возбуждающим медиаторам, обмен которых при депрессии снижен. Существует и «домашний прием», позволяющий в некоторых случаях предотвратить наступление депрессии: при чувстве тревоги, предшествующем приступу депрессии, нельзя спать, следует активно двигаться, работать. Это может помочь.

Одним из самых тяжелых психических заболеваний является **шизофрения**. Шизофренией (лат. *shizo* — разделять, раскалывать и *phren* — ум) называют психическое заболевание, проявляющееся в снижении эмоциональ-

ной и психической активности, нарушениях процессов мышления при сохранении некоторых интеллектуальных способностей, в частности памяти. Болезнь может сопровождаться бредом, галлюцинациями. Течение болезни бывает непрерывным или приступообразным.

В настоящее время господствует мнение, что шизофрения — это неоднородная группа заболеваний с различными причинами и разными провоцирующими факторами.

Шизофрения считается одним из самых распространенных психических заболеваний. По данным зарубежных авторов, ей подвержено в среднем около 0,5% взрослого населения, а в небольших, генетически замкнутых регионах — до 1%. На самом деле эта цифра может быть и больше, так как при слабой выраженности заболевания больные не обращаются к врачу, а окружающие считают их всего лишь странными и чудаковатыми.

До сих пор у клиницистов нет единой точки зрения на то, какими именно симптомами обязательно характеризуется шизофрения.

Одной из наиболее принятых классификаций шизофренических симптомов является классификация К. Шнейдера, разработанная в 30-е гг. 20 в. Ученый свел наиболее яркие симптомы в пять больших групп:

1) *открытость мыслей* — ощущение того, что мысли и побуждения больного известны всем окружающим;

2) *чувство отчуждения* — ощущение того, что мысли и побуждения больного не принадлежат ему, а исходят из внешних источников;

3) *чувство воздействия* — ощущение того, что чувства и действия навязаны внешними силами, которым необходимо подчиняться;

4) *бредовое восприятие* — перестройка реальных ощущений в особую искаженную систему, что часто приводит к формированию ложных представлений и конфликту с действительностью;

5) *слуховые галлюцинации* — ясно слышимые голоса, исходящие из головы больного и произносящие вслух его мысли. Иногда эти голоса комментируют действия больного.

Обычно первый приступ шизофрении у мужчин наблюдается около 20 лет, а к 30 годам у подавляющего числа больных уже имеются все явные признаки этого недуга. У женщин первый приступ, как правило, возникает позднее — к 25 годам.

Не вызывает сомнения тот факт, что заболевание шизофренией до некоторой степени обусловлено генетическими факторами. Однако зависимость между заболеваемостью и наследственностью имеет довольно сложный характер. Очевидна также значимость внешних факторов для развития болезни (психические травмы, социальные воздействия и др.). В настоящее время считается, что шизофрения обуславливается комплексом факторов, куда

входят как генетические факторы, так и факторы внешней среды. Первые могут быть связаны с различными группами генов: как независимых от остальных, так и функционирующих во взаимодействии с другими генами и факторами среды.

Если шизофренией больны оба родителя, вероятность заболевания ребенка составляет 50%, если болен только один из родителей — то 5%. Если один из однояйцевых близнецов болен шизофренией, то второй заболевает в 50% случаев. Следовательно, скорее всего наследуется предрасположенность к шизофренической дезорганизации психики.

Причиной психических расстройств при шизофрении является прогрессирующее развитие нарушений в обмене ряда медиаторов мозга, особенно *дофамина* и некоторых *нейропептидов*. Лечение шизофрении затруднено и зависит от того, какая форма этой болезни развивается у пациента. Тем не менее при правильном подборе лекарств больные могут вести нормальный образ жизни (рис. 25 цв. вкл.).

У пожилых людей довольно часто встречается тяжелое нейродегенеративное заболевание — **болезнь Паркинсона**. Первопричина этой болезни — мутации в определенных хромосомах. Описано не менее четырех таких мутаций, в результате которых нейроны черной субстанции постепенно перестают вырабатывать медиатор *дофамин* и разрушаются. При этом у больного начинают дрожать конечности, затем он теряет способность начинать или, наоборот, прекращать произвольные движения. Страдает и эмоциональная сфера человека, снижаются его умственные способности. Чем больше продолжительность жизни в какой-либо стране, тем больше в ней больных паркинсонизмом. В развитых странах Европы этой болезнью страдает около 4% людей старше 65 лет. Лечат ее введением вещества, из которого в мозге может синтезироваться медиатор дофамин. Кроме того, делаются попытки пересадки в мозг больных для выработки недостающего дофамина стволовых клеток человеческих эмбрионов.

Болезнь Альцгеймера — причина 60% случаев слабоумия у лиц старше 65 лет. Она поражает около 20% людей, доживших до 85 лет. Болезнь Альцгеймера чаще встречается у женщин, хотя, возможно, это обусловлено более высокой продолжительностью их жизни. В подавляющем числе случаев заболевание начинается с прогрессирующего ухудшения памяти, к которому в течение нескольких лет присоединяются расстройства речи, письма, ориентирования в пространстве, способности к узнаванию. У некоторых больных возникают острые психотические эпизоды (возбуждение, зрительные галлюцинации, бред). Так как болезнь неуклонно прогрессирует, в конечном счете развивается глубокое слабоумие с распадом личности. В основе этого заболевания также лежат мутации некоторых генов, в частности 21 пары хромосом. Эти мутации приводят к целому каскаду биохимических реакций, в результате которых в нейронах накапливается особый «неправильный»

белок, убивающий нервные клетки. Пока ученые не нашли способов лечения болезни Альцгеймера. Интересно, что это заболевание достоверно реже развивается у людей, занимающихся умственной работой и постоянно заставляющих свой мозг трудиться.

Помимо охарактеризованных выше, существует немало болезней, при которых страдает психическая деятельность человека. Особняком в перечне этих болезней стоят алкоголизм и наркомания. **Алкоголизм**, по определению Всемирной организации здравоохранения, является заболеванием, характеризующимся потреблением большого количества алкоголя, зависимость от которого достигает такой степени, что вызывает нарушения психики, межличностных отношений, социального и экономического статуса больного. В нашей стране на начало 21 в. насчитывается 2,5 млн «официально признанных» алкоголиков. Экономические и социальные бедствия, которые влечет за собой алкоголизм, неисчислимы. В основе алкоголизма могут лежать как генетические, так и социальные причины. Зачастую пить начинают люди, страдающие психическими заболеваниями, но не отдающие себе в этом отчета. В пьяном виде все проблемы, порождаемые болезнью, кажутся им менее существенными и тревожащими. Интересно, что малые дозы алкоголя не вредят нашему здоровью. Шведские ученые выяснили, что потребление 20 мл алкоголя в сутки является защитой от болезни Альцгеймера и склероза сосудов мозга. Если пить больше, то страдает печень, обезвреживая алкоголь и продукты его распада, в мозге начинается гибель нейронов. У хронических алкоголиков, которые и живут-то недолго, отказывает печень, возникает воспаление поджелудочной железы, постепенно развивается слабоумие (синдром Корсакова и другие болезни).

Еще страшнее **наркомания**. Чаще всего прием наркотиков начинают совсем еще молодые люди, подростки. Наверное, это кажется им «крутым» делом. На самом деле установлено, что нередко наркоманами становятся слабые люди, которые по каким-то причинам не могут победить в борьбе за достойное социальное положение. Страдая от этого, они пытаются забыть свои проблемы, заглушив их наркотическим опьянением. Другая причина наркомании — заболевание некоторыми формами шизофрении. Больные мучаются оттого, что они ощущают мир не так, как другие люди. Под действием наркотиков становясь такими же, как другие потребители этого зелья, они «не выпадают» из общества.

У людей наблюдается разная чувствительность к наркотикам и разная скорость возникновения наркотической зависимости. Описаны случаи, когда люди становились наркоманами после двух-трех приемов героина или крэка. Поэтому никогда, ни при каких обстоятельствах нельзя пробовать наркотики! Хочется верить, что когда-нибудь человечество найдет надежные средства защиты от этой страшной заразы.

19

ТЕСТЫ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ ПО АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ

Первое задание — самое простое: из трех предлагаемых вариантов ответов надо выбрать один. В этом задании за каждый правильный выбор вы получаете по **ОДНОМУ баллу**.

Второе задание (ДА/НЕТ) посложнее: надо решить, согласны вы или не согласны с тем или иным утверждением. Например, утверждение «У летающих рыб нет перьев». Если вы считаете, что у них действительно нет перьев, то отвечаете «ДА», если полагаете, что перья все-таки есть, отвечаете «НЕТ». В этом задании за каждый правильный ответ вам полагается уже по **ДВА балла**.

Третье задание (ДОПОЛНИТЕ ВЫСКАЗЫВАНИЕ) — самое сложное. При выполнении этого задания вы будете выступать в роли наших соавторов: надо будет дополнить высказывание. Это самое «дорогое» задание: за каждый правильный ответ вы получаете по **ТРИ балла**.

Правильно выполнив все три задания, вы наберете 100 баллов. Это — прекрасный результат. Но если вам не удастся его достичь сразу, не расстраивайтесь. Вспомните все, что вы знаете по данной теме, и выполните задания еще раз.

Для того чтобы убедиться, что дело идет на лад, каждый раз оценивайте свои результаты следующим образом: подсчитайте, сколько баллов вы заработали, и выразите это число в процентах от суммарного максимального количества баллов, т. е. от 100 баллов (например, если вы сумели набрать только 40 баллов из 100, то в процентном выражении это составит 40%). После этого оцените свои знания по пятибалльной системе оценок: набрали **меньше 25%** — дело плохо, придется поставить себе **ДВОЙКУ** и срочно выучить данный раздел; **от 25 до 50%** — состояние ваших знаний по этой теме

можно оценить как удовлетворительное, вы получаете **ТРОЙКУ**, надо внимательно проанализировать свои ошибки, перечитать книгу. Если же вы набрали **от 50 до 75%** — это хорошо, вы получаете **ЧЕТЫРЕ**. Но еще лучше, если вы сумели набрать **от 75 до 100%**: вы получаете **ПЯТЕРКУ**.

Задание 1: выберите из трех ответов один правильный.

1. Лизоцим содержится в:
а) желудочном соке;
б) слюне;
в) кишечном соке.
2. К органическим соединениям относят:
а) воду;
б) соли кальция;
в) крахмал.
3. Желтое тело фолликула:
а) является временной эндокринной железой;
б) участвует в образовании сперматозоидов;
в) способствует созреванию яйцеклеток.
4. Мышечные клетки в результате возбуждения:
а) расслабляются;
б) удлиняются;
в) сокращаются.
5. К эпителиальной ткани относят:
а) железы;
б) хрящевую ткань;
в) лимфу.
6. Сетчатка глаза:
а) преобразует свет в нервный импульс;
б) регулирует поступление света;
в) поглощает световые лучи.
7. К железам внешней секреции относят:
а) щитовидную железу;
б) слюнные железы;
в) надпочечники.

8. По дендритам нервной клетки импульсы распространяются:
 - а) к телу нервной клетки;
 - б) от тела нервной клетки;
 - в) к окончанию аксона.
9. Тела чувствительных нейронов лежат в:
 - а) задних рогах серого вещества спинного мозга;
 - б) передних рогах серого вещества спинного мозга;
 - в) нервных узлах на пути к ЦНС.
10. Соматическая нервная система управляет функциями:
 - а) скелетной мускулатуры;
 - б) сердца;
 - в) желудка.
11. Впервые торможение в ЦНС было открыто:
 - а) И. М. Сеченовым;
 - б) И. П. Павловым;
 - в) А. А. Ухтомским.
12. В полостях трубчатых костей находится:
 - а) красный костный мозг;
 - б) желтый костный мозг;
 - в) межклеточная жидкость.
13. Формирование скелета человека заканчивается к:
 - а) 14—16 годам;
 - б) 22—25 годам;
 - в) 50—55 годам.
14. Ядра парасимпатической нервной системы лежат в:
 - а) грудном отделе спинного мозга;
 - б) продолговатом мозге;
 - в) таламусе.
15. Волокна блуждающего нерва подходят к:
 - а) мочевому пузырю;
 - б) сердцу;
 - в) толстому кишечнику.
16. В свертывании крови важную роль играют ионы:
 - а) калия;
 - б) кальция;
 - в) хлора.

17. В 1 мм^3 крови содержится эритроцитов:
- а) 1000—1500;
 - б) 100 000—100 500;
 - в) 4,5—5,0 млн.
18. При сокращении правый желудочек выбрасывает кровь в:
- а) правое предсердие;
 - б) дугу аорты;
 - в) легочную артерию.
19. Полулунные клапаны сердца препятствуют движению крови из:
- а) желудочков в аорту и легочную артерию;
 - б) аорты и легочной артерии в желудочки;
 - в) предсердий в желудочки.
20. Дыхательный центр находится в:
- а) спинном мозге;
 - б) продолговатом мозге;
 - в) среднем мозге.

При выполнении задания 1 за каждый правильный ответ вы получаете по ОДНОМУ баллу. Максимальное количество баллов — 20!

Задание 2 (ДА/НЕТ): если вы согласны с приведенными ниже утверждениями, отвечаете «ДА», если не согласны, отвечаете «НЕТ».

- 1. Гладкая мышечная ткань входит в состав стенок внутренних органов.
- 2. Недостаток витамина А вызывает рахит.
- 3. Уровень глюкозы в крови у здорового человека всегда постоянный (0,10—0,12%).
- 4. Мозговой слой надпочечников вырабатывает гормон роста.
- 5. Артерии — сосуды, по которым течет артериальная кровь.
- 6. В предстательной железе вырабатываются гормоны.
- 7. При недостатке витамина В возникает микседема.
- 8. В печени обезвреживается 95% ядовитых веществ.
- 9. В желудке пища задерживается на 4—8 ч.
- 10. В желудочном соке содержится серная кислота.

При выполнении задания 2 за каждый правильный ответ вы получаете по ДВА балла. Максимальное количество баллов — 20!

Задание 3 (ДОПОЛНИТЕ ВЫСКАЗЫВАНИЕ): в каждом из приведенных ниже высказываний пропущено одно или несколько слов. Заполните пробелы.

1. Свойство клеток отвечать на физические и химические изменения окружающей среды называется _____.
2. Железы внутренней секреции образуют и выделяют _____.
3. В нервных клетках возникает нервный импульс, который может распространяться по _____.
4. Поперечнополосатая мышечная ткань подразделяется на _____ и _____.
5. Дыхательная система обеспечивает организм _____ и освобождает от _____.
6. Часть тела, имеющая определенную форму, называется _____.
7. Мембраны клеток органов- _____ обладают повышенной чувствительностью к гормонам.
8. Головной и спинной мозг связаны _____ со всеми органами.
9. Взаимосвязь и согласованную работу всех систем органов обеспечивают _____ и _____ регуляция.
10. _____ окружают нейроны и выполняют опорную, питательную и защитную функции.
11. К периферическому отделу нервной системы относят _____ и _____.
12. _____ нерв усиливает и ускоряет работу сердца, а _____ нерв ее замедляет и ослабляет.
13. Основной принцип работы нервной системы — _____.
14. Рост костей регулирует гормон роста, выделяемый _____.
15. Кости, образующие суставы, соединяются прочными _____.
16. Передняя часть языка реагирует на _____, задняя часть — на _____, боковые части — на _____, кончик языка и его боковые части — на _____.

17. Процесс поглощения и переваривания чужеродных частиц был открыт _____ и назван _____.
18. На внутренних стенках лимфатических сосудов расположены _____, препятствующие обратному току лимфы.
19. Наружное ухо заканчивается _____, а внутреннее ухо начинается _____.
20. В почках синтезируется вещество, повышающее давление крови — _____.

При выполнении задания 3 за каждое правильно дополненное высказывание вы получаете по ТРИ балла. Максимальное количество баллов — 60!

Итак, правильно выполнив все три задания, вы наберете 100 баллов!

Задание 1

1 —б; 2 —в; 3 —а; 4 —в; 5 —а; 6 —а; 7 —б; 8 —а; 9 —в; 10 —а; 11 —а;
12 —б; 13 —б; 14 —б; 15 —б; 16 — б; 17 — в; 18 — в; 19 — б;
20 — б.

Задание 2

1. Да.
2. Нет, недостаток витамина А вызывает *куриную слепоту*.
3. Да.
4. Нет, мозговой слой надпочечников вырабатывает гормон *адреналин*.
5. Нет, артерии — это сосуды, по которым кровь течет *от сердца*.
6. Нет, в предстательной железе вырабатывается *питательная жидкость для сперматозоидов*.
7. Нет, при недостатке витамина В₁ возникает *бери-бери*.
8. Да.
9. Да.
10. Нет, в желудочном соке содержится *соляная кислота*.

Задание 3

1. раздражимостью
2. гормоны
3. клеточной мембране
4. скелетную и сердечную
5. кислородом, углекислого газа
6. органом
7. мишеней
8. нервами
9. нервная, гуморальная
10. Глиальные клетки, или клетки-спутницы,
11. нервы, нервные узлы

12. Симпатический, парасимпатический
13. рефлекторный
14. гипофизом
15. связками
16. сладкое, горькое, кислое, соленое
17. И. И. Мечниковым, фагоцитозом
18. клапаны
19. барабанной перепонкой, овальным окном
20. ренин

ЛИТЕРАТУРА

Азимов А. Популяционная анатомия. М., 2004.

Азимов А. Человеческий мозг. М., 2003.

Алкамо Э. Анатомия. М., 2002.

Анатомия, физиология, психология человека. Краткий иллюстрированный словарь. СПб., 2002.

Громов Г., Инас М. Мистер Томпкинс внутри самого себя. Ижевск, 1999.

Дубынин В. А., Каменский А. А., Сапин М. Р., Сивоглазов В. Н. Регулярные системы организма человека. М., 2003.

Ламберт Д. Тело человека. М., 2002.

От автора	3
1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА	5
1.1. Как развивались представления о происхождении человека	5
1.2. Доказательства родства человека с другими животными	7
1.3. Специфические черты строения и жизнедеятельности человека	11
1.4. Эволюция предков человека	14
1.5. Расы современного человека	24
1.6. Перспективы человека как вида	26
2. ЧТО ДЕЛАЕТ ЖИВОЕ ЖИВЫМ	30
2.1. Понятие о возбудимости	30
2.2. Потенциал покоя, или мембранный потенциал	31
2.3. Потенциал действия	35
2.4. Ионные каналы	38
2.5. Проведение нервного импульса	40
2.6. Как возбудимые клетки «общаются» между собой	44
2.7. Аксональный транспорт	51
3. КАК РАБОТАЮТ МЫШЦЫ	53
3.1. Общие сведения о мышечной системе	53
3.2. Строение поперечнополосатых мышц и их сокращение	54
3.3. Работа поперечнополосатых мышц	58
3.4. Группы поперечнополосатых мышц	61
3.5. Гладкие мышцы: строение и работа	62
3.6. Заболевания мышц	63
4. СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА	64
4.1. Строение костей	64
4.2. Соединения костей в скелете	68
4.3. Отделы скелета	69
4.4. Заболевания костной системы	76

5.	ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА	79
5.1.	Состав внутренней среды организма	79
5.2.	Функции и состав крови	79
5.3.	Группы крови	85
5.4.	Свертывание крови	87
5.5.	Лимфа	88
5.6.	Иммунитет	89
5.7.	Заболевания системы крови	90
6.	КРОВООБРАЩЕНИЕ	96
6.1.	Строение и работа сердца	97
6.2.	Электрокардиограмма	100
6.3.	Регуляция работы сердца	101
6.4.	Круги кровообращения	103
6.5.	Движение крови по сосудам	105
6.6.	Лимфообращение	107
6.7.	Заболевания кровеносной системы	107
7.	ДЫХАНИЕ	113
7.1.	Зачем нужно дыхание	113
7.2.	Строение органов дыхания	113
7.3.	Дыхательные движения	117
7.4.	Жизненная емкость легких	118
7.5.	Обмен газами в легких и тканях	118
7.6.	Регуляция дыхания	119
7.7.	Заболевания органов дыхания	121
8.	ПИЩЕВАРЕНИЕ	123
8.1.	Зачем нужна пища и что она собой представляет	123
8.2.	Строение и функции органов пищеварения	124
8.3.	Регуляция пищеварения	133
8.4.	Заболевания органов пищеварения	135
9.	ОБМЕН ВЕЩЕСТВ	138
9.1.	Общие сведения об обмене веществ	138
9.2.	Обмен белков	139
9.3.	Обмен углеводов	142
9.4.	Обмен жиров	143
9.5.	Обмен воды и минеральных солей	145
9.6.	Ферменты и их роль в организме	147
9.7.	Витамины и их роль в организме	149
9.8.	Нарушения обмена веществ	156

10. ВЫДЕЛЕНИЕ	158
10.1. Общие сведения о выделении веществ из организма	158
10.2. Строение почек	158
10.3. Работа почек	161
10.4. Регуляция деятельности почек	162
10.5. Заболевания органов выделения	163
11. КОЖНЫЕ ПОКРОВЫ ЧЕЛОВЕКА	165
11.1. Строение и функции кожи	165
11.2. Кожные заболевания	169
12. ЖЕЛЕЗЫ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ	170
12.1. Строение и функции гипофиза	171
12.2. Строение и функции щитовидной железы	174
12.3. Строение и функции поджелудочной железы	175
12.4. Строение и функции надпочечников	176
12.5. Строение и функции эпифиза	177
12.6. Строение и функции тимуса	178
12.7. Строение и функции половых желез	179
13. НЕРВНАЯ СИСТЕМА	180
13.1. Общие принципы регуляции функций организма	180
13.2. Понятие о рефлексе	181
13.3. Нервная ткань	182
13.4. Общие представления о строении нервной системы	186
13.5. Вегетативная нервная система	199
14. ОРГАНЫ ЧУВСТВ	201
14.1. Понятие об анализаторах	201
14.2. Зрительный анализатор	202
14.3. Слуховой анализатор	205
14.4. Вестибулярный анализатор	207
14.5. Тактильный анализатор	208
14.6. Вкусовой анализатор	209
14.7. Обонятельный анализатор	210
14.8. Боль	211
15. РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА	214
15.1. Генетика человека	214
15.2. Мужская половая система	216

15.3. Женская половая система	218
15.4. Половое созревание	220
15.5. Оплодотворение	223
15.6. Контрацепция	225
15.7. Развитие человеческого зародыша и роды	227
15.8. Бесплодие	230

16. ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

16.1. Безусловные и условные рефлексы	232
16.2. Память	239
16.3. Бодрствование и сон	242
16.4. Эмоции	244
16.5. Сознание и мышление	245
16.6. Интеллект	248
16.7. Психические расстройства	249

17. ТЕСТЫ

**для самостоятельной оценки уровня знаний
по анатомии и физиологии человека**

Ответы	262
Литература	264

Учебное издание

Серия «Выпускной/вступительный экзамен»

Каменский Андрей Александрович

ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА: ПРОСТО О СЛОЖНОМ

Учебное пособие

Зав. редакцией *Н. Е. Рудомазина*
Ответственный редактор *Н. П. Красинская*
Художественный редактор *Ю. В. Христич*
Технический редактор *И. В. Грибкова*
Компьютерная верстка *Г. М. Татаринова*
Корректор *И. А. Никанорова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.02.953.Д.006315.08.03 от 28.08.2003.

Подписано к печати 15.06.07. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская.
Гарнитура Officina. Печать офсетная. Усл. печ. л. 17,0.
Тираж 10 000 экз. Заказ № .

000 «Дрофа». 127018, Москва, Суцевский вал, 49.

**По вопросам приобретения продукции издательства «Дрофа»
обращаться по адресу:** 127018, Москва, Суцевский вал, 49.
Тел.: (495) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (495) 795-05-52.

Торговый дом «Школьник».
109172, Москва, ул. Малые Каменщики, д. 6, стр. 1А.
Тел.: (495) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Магазины «Переплетные птицы»:
127018, Москва, ул. Октябрьская, д. 89, стр. 1.
Тел.: (495) 912-45-76; 140408, Московская обл., г. Коломна, Голутвин,
ул. Октябрьской революции, 366/2. Тел.: (495) 741-59-76.

Интернет-магазин: <http://www.drofa.ru>